RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2024 : SOURCES ET PUITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA

LA DÉCLARATION DU CANADA À LA CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Environnement et Changement climatique Canada
Environment and Climate Change Canada

Canada

Citation suggérée pour ce document : Environnement et Changement climatique Canada. 2026. *Rapport d'inventaire national 1990–2024 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Disponible en ligne à : canada.ca/inventaire-ges.

Nº de cat. : En81-4/4F-PDF
ISSN : 1910-7072
EC25168

Le sommaire de ce rapport est disponible en HTML à : canada.ca/inventaire-ges

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
Édifice Place Vincent Massey
351 boulevard St-Joseph
Gatineau Québec K1A 0H3
Ligne sans frais : 1-800-668-6767
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © Getty Images

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2026

Also available in English
National Inventory Report 1990–2024: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada

AVANT-PROPOS

Le Canada a ratifié la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) le 4 décembre 1992. De nombreux accords internationaux ont été introduits dans le cadre de la CCNUCC, le plus récent étant l'Accord de Paris que le Canada a ratifié le 5 octobre 2016. En vertu de la Convention, les inventaires nationaux de sources et de puits de gaz à effet de serre (GES) doivent être soumis à la CCNUCC annuellement avant le 15 avril de chaque année. Le présent document fait partie de la soumission annuelle de l'inventaire du Canada à la CCNUCC.

Antérieurement, jusqu'à l'édition de 2023, cet inventaire a été préparé et soumis conformément aux lignes directrices de la CCNUCC pour la notification des inventaires nationaux de GES (voir Décision 24/CP.10). Depuis 2024, l'inventaire national des GES du Canada est conforme aux Modalités, procédures et lignes directrices relatives (MPL) au cadre de transparence pour l'action et le soutien visé à l'article 13 de l'Accord de Paris (Décision 18/CP.1). Les lignes directrices pour l'établissement des rapports exigent que les Parties élaborent leurs inventaires nationaux en utilisant les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Les lignes directrices pour l'établissement des rapports exigent également que les rapports d'inventaire fournissent des informations détaillées et complètes sur l'élaboration des estimations, y compris les dispositions formelles appuyant leur préparation et tout changement important apporté de l'inventaire et aux procédures de soumission. Les lignes directrices pour l'établissement des rapports engagent également les Parties à améliorer de façon continue la qualité des estimations nationales et régionales des émissions et des absorptions.

En plus de la description et de l'explication du développement de l'inventaire et des arrangements nationaux, le présent Rapport d'inventaire national analyse les tendances en matière d'émissions et d'absorptions. Le rapport décrit également les améliorations apportées dans cette édition de l'inventaire, ainsi que les recalculs ultérieurs.

Ce rapport représente les efforts de nombreuses années de travail d'équipe et s'appuie sur les résultats des rapports précédents, publiés en 1992, 1994 et annuellement de 1996 à 2025. Les travaux en cours, tant au Canada qu'ailleurs, continueront d'améliorer les estimations et de réduire le plus possible les incertitudes associées à celle-ci.

Lindsay Pratt, Directeur
Division des inventaires et rapports sur les polluants
Direction des rapports et évaluation scientifiques
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement et Changement climatique Canada
Courriel : ges-ghg@ec.gc.ca
Téléphone : 1-877-877-8375

REMERCIEMENTS

La Division des inventaires et rapports sur les polluants (DIRP) d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) remercie les nombreuses personnes et organisations qui ont participé à la préparation et à la présentation annuelle de l'inventaire officiel canadien des gaz à effet de serre : le Rapport d'inventaire national (RIN) et les Tableaux communs de déclaration (TCD). Bien que la liste de tous les chercheurs, fonctionnaires et conseillers qui ont apporté une aide technique soit trop longue pour être présentée ici, la Division tient à souligner le travail des auteurs et des réviseurs du *Rapport d'inventaire national 1990–2024 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*, qui ont contribué à produire et à améliorer le rapport de cette année.

Principaux experts de l'inventaire

Secteur de l'Énergie

Owen Barrigar, Brandon Greenlaw, Chia Ha, Jordon Kay, Trevor Newton, Steve Smyth, Brett Taylor, Shawn Tobin et Kristine Tracey.

Secteur des Procédés industriels et utilisation des produits

Sean Angel-York, Alice Au, Andrii Branytskyi, Geneviève Leblanc-Power, Catherine Lee et Melanie Vanderpol.

Secteur de l'Agriculture

Corey Flemming, Chih-Yu Hung, Chang Liang, Douglas MacDonald, Julius Moore et Arumugam Thiagarajan.

Secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Daniel Aydalla, Kelly Bona, Dominic Cyr, Sylvie Dasné, Corey Flemming, Lyna Lapointe-Elmrabti, Chang Liang, Mark Libby, Douglas MacDonald, Cameron Samson et Arumugam Thiagarajan.

Secteur des Déchets

Nicholas Bishop, Emil Laurin, Kristen Obeda, Okenna Obi-Njoku, Duane Smith et Brittany Sullivan.

Contenu intersectoriel et gestion de la qualité

Tatyana Abou-Chaker, Amélie Amiot, Pegah Bauco, Raphaëlle Pelland St-Pierre, Lindsay Pratt, Catherine Robert et Sydney Xiong.

Compilation de l'inventaire

La coordination générale du Rapport d'inventaire national du Canada a été assurée par Raphaëlle Pelland St-Pierre. La compilation centralisée des données et des tableaux d'émissions, l'estimation des incertitudes et l'analyse des catégories clés ont été dirigées par Amélie Amiot et Pegah Bauco. La coordination et l'envoi des TCD ont été menés par Catherine Robert. La mise en page du Rapport d'inventaire national en vue de sa publication a été effectuée par Marida Waters. La traduction du rapport a été réalisée par Dalila Benmeddour et Kim Thibault. Merci à l'équipe Web des Communications numériques de ECCC pour le développement de la page Web. En outre, nous tenons à remercier Monique Murphy pour les cartes maillées des émissions de méthane.

Autres contributeurs

Nous tenons à souligner Richard Holt et Navin Sundar de la Division intersectorielle de l'énergie d'ECCC pour la mise en œuvre de l'Outil d'affichage d'inventaire des émissions marines ainsi que la Division de l'analyse et modélisation d'ECCC, qui a fourni les données socio-économiques utilisées dans les processus d'extrapolation des données et de désagrégation provinciale pour plusieurs catégories de Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP). De plus, nous souhaitons reconnaître la contribution de la Division mines et traitement d'ECCC, surtout Alain Gingras et Vincent Roy pour leur aide dans la collecte de données sur les activités antérieures qui ont permis d'inclure les émissions issues de la production de boulettes de minerai de fer dans le rapport.

Nous tenons à saluer les contributions de nos collègues de la Division de la statistique du Centre de l'énergie et des transports et le Centre des statistiques sur la production, la distribution et l'investissement de Statistique Canada, dont les nombreuses équipes d'enquête responsable de la collecte, de la compilation, de l'analyse, de la communication et de la dissémination des données mensuelles et annuelles en lien avec l'énergie et la production chimique nécessaires à la production des estimations au Canada. De plus, nous sommes reconnaissants à nos collègues fédéraux, qui ont fourni des données sur les activités et des estimations pour les secteurs de l'Affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) et de l'Agriculture. Nous remercions en particulier Andrew Dyk, Max Fellows, Kathryn Fischer, Mark Hafer, Benjamin Hudson, Michael Magnan, Vinicius Manvailer Goncalves, Juha Metsaranta, Scott Morken, Andrea Nesdoly, Stephanie Ortlepp et Sally Tinis du Service canadien des forêts; Brent Coleman, Bahram Daneshfar, Antoun ElKhoury, Audrey-Anne Lacasse, Jiangui Liu, Dan MacDonald, Andy Vanderzaag et Devon Worth d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Parmi les nombreuses personnes et organisations qui nous ont apporté leur aide et fourni des renseignements, nous sommes particulièrement redevables aux nombreux membres des diverses industries, associations industrielles ainsi qu'aux cabinets d'ingénieurs-conseils, ministères provinciaux et universités qui nous ont offert des données ainsi qu'une aide précieuse dans le domaine de la technologie et des sciences. Nous tenons en particulier à remercier Brad Griffin, directeur exécutif du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions de l'Université Simon Fraser, qui nous a fourni des analyses critiques et des données d'enquêtes industrielles compilées par le Centre. Nous tenons aussi à souligner le Laboratoire de recherche sur l'énergie et les émissions (EERL) de l'Université Carleton sous la direction du professeur Matthew Johnson, et notamment David Tyner, Shona Wilde et Bradley Conrad, membres de l'équipe EERL, ainsi que le personnel et les étudiants ayant collaboré avec ces derniers, pour nous avoir donné accès aux émissions de méthane de source déterminée issues des installations pétrolières et gazières dans l'Ouest canadien quantifiées à l'aide des mesures atmosphériques.

Ce rapport représente le travail cumulatif d'une multitude de personnes ayant apporté une contribution importante depuis sa publication initiale il y a bien des années. Parmi ces contributions, on compte celles d'anciens directeurs, gestionnaires, experts en matière d'inventaire et partenaires stratégiques. La Division voudrait remercier ces anciens collègues dont les contributions ont jeté les bases sur lesquelles reposent ce rapport et les données connexes.

Commentaires des lecteurs

Si vous avez des commentaires à formuler au sujet de ce rapport, veuillez les faire parvenir au centre de liaison de l'inventaire canadien des gaz à effet de serre :

Lindsay Pratt, Directeur
Division des inventaires et rapports sur les polluants
Direction des rapports et évaluation scientifiques
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement et Changement climatique Canada
351, boulevard Saint-Joseph
Gatineau (Québec) K1A 0H3 Canada
Courriel : ges-ghg@ec.gc.ca
Téléphone : 1-877-877-8375

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos i

Remerciements ii

Liste de tableaux vii

Liste de figures xvi

Liste des abréviations et unités communes xix

Sommaire 1

S.1. Points clés 1

S.2. Introduction 2

Le RIN : données scientifiques probantes pour les décideurs 3

S.3. Survol des émissions nationales de GES (1990–2024) 4

S.4. Émissions de GES et tendances par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 6

La contribution clé des données déclarées par les installations aux émissions estimatives de GES 10

Utilisation des mesures aériennes pour améliorer les estimations de l'inventaire 11

S.5. Secteurs économiques canadiens 13

S.6. Émissions de GES des provinces et des territoires 14

S.7. Analyse des catégories clés 15

S.8. Améliorations apportées à l'inventaire 15

S.9. Dispositions prises relativement à l'inventaire national 16

Références du sommaire 17

Chapitre 1 Circonstances nationales, dispositions institutionnelles et informations intersectorielles 18

1.1. Changements climatiques et inventaires des gaz à effet de serre 18

1.2. Circonstances nationales et dispositions institutionnelles du Canada 21

1.3. Méthodologies et sources de données 28

1.4. Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification 33

1.5. Évaluation du degré d'incertitude 37

1.6. Évaluation de l'exhaustivité 39

Chapitre 2 Tendances des émissions de gaz à effet de serre 40

2.1. Sommaire des tendances des émissions de GES 40

2.2. Tendances des émissions de GES par gaz 43

2.3. Tendances des émissions de GES par secteur du GIEC 47

Intégration des estimations descendantes et ascendantes des émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier 63

2.4. Émissions par secteur économique canadien 81

Tendances dans le secteur pétrolier et gazier 85

Chapitre 3 Énergie (secteur 1 des TCD) 88

3.1. Aperçu 88

Items pour mémoire et attribution des émissions 91

3.2. Activités d'utilisation de combustibles (catégorie 1.A des TCD) 93

3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B des TCD) 108

3.4. Transport et stockage du CO_2 (catégorie 1.C des TCD) 120

3.5. Items de mémo (catégorie 1.D des TCD) 124

Chapitre 4 Procédés industriels et utilisation des produits (secteur 2 des TCD) 127
4.1. Aperçu 127
4.2. Produits minéraux (catégorie 2.A des TCD) 131
4.3. Industrie chimique (catégorie 2.B des TCD) 141
4.4. Production de métaux (catégorie 2.C des TCD) 159
4.5. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants et utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (catégorie 2.D des TCD) 168
4.6. Industrie électronique (catégorie 2.E des TCD) 171
4.7. Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (catégorie 2.F des TCD) 175
4.8. Fabrication et utilisation d'autres produits (catégorie 2.G des TCD) 181

Chapitre 5 Agriculture (secteur 3 des TCD) 185
5.1. Aperçu 185
5.2. Fermentation entérique (catégorie 3.A des TCD) 188
5.3. Gestion des fumiers (catégorie 3.B des TCD) 190
5.4. Émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles (catégorie 3.D des TCD) 196
5.5. Émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F des TCD) 206
5.6. Émissions de CO_2 attribuables au chaulage (catégorie 3.G des TCD) 207
5.7. Émissions de CO_2 attribuables à l'application d'urée (catégorie 3.H des TCD) 208

Chapitre 6 Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (secteur 4 des TCD) 209
6.1. Aperçu 209
6.2. Définitions des catégories de terres et représentation des terres aménagées 213
6.3. Terres forestières (catégorie 4.A des TCD) 216
6.4. Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G des TCD) 225
6.5. Terres cultivées (catégorie 4.B des TCD) 229
6.6. Prairies (catégorie 4.C des TCD) 240
6.7. Terres humides (catégorie 4.D des TCD) 241
6.8. Établissements (catégorie 4.E des TCD) 250
6.9. Conversion des forêts 256

Chapitre 7 Déchets (secteur 5 des TCD) 259
7.1. Aperçu 259
7.2. Sites d'enfouissement municipaux (catégorie 5.A.1 des TCD) 260
7.3. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (compris dans la catégorie 5.A.1 des TCD) 263
7.4. Traitement biologique des déchets solides (catégorie 5.B des TCD) 264
7.5. Incinération et combustion à l'air libre de déchets (catégorie 5.C des TCD) 266
7.6. Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D des TCD) 267

Chapitre 8 Recalculs et améliorations 271
8.1. Incidence des recalculs sur les niveaux et les tendances des émissions 271
8.2. Améliorations apportées à l'inventaire 279
8.3. Améliorations prévues à l'inventaire 280

Annexe 1 Catégories clés 287
A1.1. Catégories clés : méthodologie 287

Annexe 2 Incertitude 293
A2.1. Introduction 293
A2.2. Interprétation de l'incertitude sur les estimations de l'inventaire 293
A2.3. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2024 294
A2.4. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour l'année de référence 294
A2.5. Évaluation de l'incertitude par tendance 295
A2.6. Améliorations prévues 295

Annexe 3 Méthodologies 296
A3.1. Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles 296
A3.2. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles 319
A3.3. Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits 382
A3.4. Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture 395
A3.5. Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie 456
A3.6. Méthodologie pour le secteur des Déchets 518
Annexe 4 Comparaison des approches sectorielle et de référence et bilan énergétique national 558
A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle 558
A4.2. Méthode de référence 559
A4.3. Bilan énergétique national 561
A4.4. Coefficients d'émission implicites dans les TCD 563
Annexe 5 Précurseurs d'ozone et d'aérosols 564
Annexe 6 Coefficients d'émission 565
A6.1. Utilisation de combustibles 565
A6.2. Procédés industriels 579
A6.3. Fabrication et utilisation d'autres produits 584
A6.4. Agriculture 585
A6.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie 598
A6.6. Combustion de la biomasse 607
A6.7. Déchets 609
Annexe 7 L'électricité au Canada : Sommaire et tableaux sur l'intensité 614
Références 616

LISTE DE TABLEAUX

Tableau S–1 Émissions de GES du Canada, par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, certaines années 12

Tableau S–2 Émissions de GES du Canada par secteur économique, certaines années 14

Tableau S–3 Émissions de gaz à effet de serre par province et territoire, certaines années 15

Tableau 1–1 Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du GIEC 21

Tableau 1–2 Documents liés à l'inventaire de GES du Canada et leur emplacement 27

Tableau 1–3 Descriptions des catégories de sources et de puits de GES par secteur du GIEC 29

Tableau 1–4 Description des secteurs économiques canadiens 31

Tableau 1–5 Sommaire des niveaux de méthodologie employés dans le RIN par catégorie 32

Tableau 1–6 Utilisation des données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES pour le RIN, par secteur du GIEC et par catégorie des TCD correspondants 38

Tableau 2–1 Tendances des émissions de GES et des indicateurs économiques, certaines années 42

Tableau 2–2 Émissions de GES par province et territoire, certaines années 43

Tableau 2–3 Émissions de GES au Canada par gaz et par secteur du GIEC en 2024 44

Tableau 2–4 Émissions de GES du Canada par secteur du GIEC (de 1990 à 2024) 49

Tableau 2–5 Émissions de GES des Sources de combustion fixes, certaines années 52

Tableau 2–6 Émissions de GES des Transports, certaines années 57

Tableau 2–7 Tendances du parc de véhicules au Canada, certaines années 58

Tableau 2–8 Émissions de GES des Sources fugitives, certaines années 61

Tableau 2–9 Émissions de GES des catégories des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années 65

Tableau 2–10 Émissions de GES de l'Agriculture, certaines années 68

Tableau 2–11 Émissions et absorptions de GES du secteur ATCATF, certaines années 71

Tableau 2–12 Émissions, absorptions et fluctuations des stocks de carbone associés aux activités d'exploitation forestière, certaines années 74

Tableau 2–13 Émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années 79

Tableau 2–14 Tendances des émissions de GES par secteur économique canadien 84

Tableau 3–1 Aperçu des émissions de GES du secteur de l'Énergie, certaines années 89

Tableau 3–2 Sommaire des recalculs pour le secteur de l'Énergie, certaines années 89

Tableau 3–3 Contribution des Industries énergétiques aux émissions de GES 94

Tableau 3–4 Contribution des Industries manufacturières et construction aux émissions de GES 98

Tableau 3–5 Contribution des Transports aux GES 100

Tableau 3–6 Contribution des Autres secteurs aux émissions de GES 105

Tableau 3–7 Autres (non précisées ailleurs) contributions aux émissions de GES 107

Tableau 3–8 Contribution des émissions fugitives de GES 108

Tableau 3–9 Émissions de GES provenant de Puits de pétrole et de gaz abandonnés 112

Tableau 3–10 Émissions de GES attribuables aux émissions fugitives en aval du compteur 113

Tableau 3–11 Degré d'incertitude associé aux émissions fugitives attribuables au pétrole et au gaz naturel (sauf à celles du Raffinage du pétrole) 117

Tableau 3–12 Degré d'incertitude des émissions fugitives attribuables au raffinage du pétrole 118

Tableau 3–13 Quantité de CO_2 importé, capté, utilisé et stocké 121

Tableau 3–14 Contribution aux GES, du transport, de l'utilisation et du stockage du CO_2 121

Tableau 3–15 Émissions de GES provenant du transport international aérien et maritime 124
Tableau 3–16 Distribution des émissions de GES provenant du transport aérien et maritime 124
Tableau 3–17 Émissions de CO_2 provenant de la combustion de la biomasse 125
Tableau 3–18 Biomasse consommée 125
Tableau 4–1 Aperçu des émissions de GES du secteur des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années 128
Tableau 4–2 Sommaire des recalculs pour le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années 129
Tableau 4–3 Résumé des principales catégories dans le secteur des procédés industriels et utilisation des produits pour 2024 129
Tableau 4–4 Résumé des niveaux méthodologiques par catégorie 130
Tableau 4–5 Répartition de la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada (1990–2016) 134
Tableau 4–6 Consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite au Canada 139
Tableau 4–7 Résumé des évaluations de l'incertitude pour les catégories d'Utilisation de produits minéraux 140
Tableau 4–8 Description des sources de données sur les activités employées dans l'estimation des émissions issues de la Production d'ammoniac (1990–2017) 142
Tableau 4–9 Aperçu des activités de captage et de stockage du carbone et de récupération du CO_2 143
Tableau 4–10 Installations de production d'acide nitrique au Canada 146
Tableau 4–11 Installations de production d'oxyde d'éthylène au Canada 150
Tableau 4–12 Sources de données et méthodes utilisées relativement aux estimations de l'oxyde d'éthylène 152
Tableau 4–13 Catégories comprises dans le nœud confidentiel des TCD 153
Tableau 4–14 Résumé de l'évaluation du degré d'incertitude pour la Production pétrochimique et de noir de carbone 154
Tableau 4–15 Production de dioxyde de titane au Canada et emplacement des émissions issues de procédés dans les TCD 156
Tableau 4–16 Industries ayant servi à l'attribution provinciale des émissions en lien avec les autres utilisations de l'urée 157
Tableau 4–17 Résumé des évaluations d'incertitudes 158
Tableau 4–18 Sources des données sur les activités de production sidérurgique et des autres variables utilisées dans l'Équation 4–13 160
Tableau 4–19 Données sur les activités de production d'acier et autres variables utilisées dans l'Équation 4–14 161
Tableau 4–20 Alumineries au Canada : niveau de la méthode et coefficients d'émission 164
Tableau 4–21 Sources de données sur l'utilisation du SF_6 comme gaz de couverture en Production et moulage de magnésium 166
Tableau 4–22 Types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques dans l'inventaire canadien des GES 169
Tableau 4–23 Sources de données ayant servi à calculer les émissions de NF_3 attribuables à la fabrication des semi-conducteurs 173
Tableau 4–24 Sources de données ayant servi à calculer les émissions de SF_6 attribuables à la fabrication des semi-conducteurs 174
Tableau 4–25 Résumé de l'évaluation du degré d'incertitude dans l'industrie des produits électroniques 175
Tableau 4–26 HFC utilisés au Canada et années d'apparition dans les données sur les activités 177
Tableau 4–27 Importations de HFC en vrac pour l'année 2024 par type et par application 177
Tableau 5–1 Aperçu des émissions de GES provenant du secteur de l'Agriculture, certaines années 186
Tableau 5–2 Sommaire des recalculs pour le secteur de l'Agriculture, certaines années 187
Tableau 5–3 Sommaire qualitatif des révisions des méthodologies, des corrections et des améliorations apportées au rapport du Canada pour 2026 187
Tableau 5–4 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique 189
Tableau 5–5 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH_4 dues à la gestion des fumiers 192
Tableau 5–6 Recalcul des estimations des émissions de CH_4 et leur incidence sur les tendances d'émission liées à la gestion des fumiers 193
Tableau 5–7 Incertitude des estimations des émissions de N_2O attribuables à la gestion des fumiers et aux sols agricoles en 2024 197
Tableau 5–8 Recalcul des estimations des émissions de N_2O et leur incidence sur les tendances des émissions attribuables à la minéralisation du carbone organique du sol 201
Tableau 5–9 Recalcul des estimations des émissions de CO_2 et leur incidence sur les tendances des émissions attribuables au chaulage 207

Tableau 6–1 Aperçu des estimations des flux nets de gaz à effet de serre du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, certaines années 210
Tableau 6–2 Sommaire des recalculs des estimations déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, certaines années 212
Tableau 6–3 Sommaire des changements dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie 213
Tableau 6–4 Matrice d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2024 215
Tableau 6–5 Superficie, flux de gaz à effet de serre et transferts de carbone, des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, certaines années 218
Tableau 6–6 Estimations des flux nets annuels de CO_2, de CH_4 et de N_2O dans la catégorie des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, et de ces flux aux 2,5^e et 97,5^e percentiles, certaines années 221
Tableau 6–7 Stocks de carbone dans le réservoir des produits ligneux récoltés et pertes découlant de l'utilisation et de l'élimination de ces produits 226
Tableau 6–8 Estimations des gains et des pertes de CO_2 provenant des produits ligneux récoltés, aux 2,5^e et aux 97,5^e percentiles, certaines années 229
Tableau 6–9 Émissions et absorptions, pour l'année de référence et des années récentes, associées à divers changements d'aménagement des terres dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé 231
Tableau 6–10 Incertitude associée aux composantes des émissions de CO_2 et aux émissions de gaz autres que le CO_2 provenant des Terres forestières converties en terres cultivées, pour l'année d'inventaire 2024 239
Tableau 7–1 Aperçu des émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années 259
Tableau 7–2 Sommaire des recalculs pour le secteur des Déchets, certaines années 260
Tableau 8–1 Sommaire des recalculs du Rapport d'inventaire national de 2026 (à l'exception du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) 272
Tableau 8–2 Variation dans les émissions de GES au Canada de 694 Mt (en 2023, soumission précédente) à 685 Mt (en 2024, soumission actuelle) 273
Tableau 8–3 Sommaire des recalculs par secteur 273
Tableau 8–4 Améliorations apportées au RIN 2026 du Canada 281
Tableau 8–5 Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada 283
Tableau A1–1 Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2024 288
Tableau A3.1–1 Références des données sur les activités utilisées par le modèle 299
Tableau A3.1–2 Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public 301
Tableau A3.1–3 Méthodes d'estimation des émissions dans les catégories Raffinage du pétrole, Fabrication de combustibles solides et Extraction de pétrole et de gaz 304
Tableau A3.1–4 Méthodes d'estimation des émissions pour la catégorie Industries manufacturières et Construction 306
Tableau A3.1–5 Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Autres secteurs 308
Tableau A3.1–6 Valeurs de normalisation pour l'essence, certaines années 313
Tableau A3.1–7 Valeurs de normalisation pour le carburant diesel, certaines années 313
Tableau A3.2–1 Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille pour l'année 2024 321
Tableau A3.2–2 Niveau 2 du GIEC – % de mines grisouteuses par intervalle de temps 322
Tableau A3.2–3 Niveaux 2 et 3 du GIEC – Facteurs des coefficients d'émission 323
Tableau A3.2–4 Niveaux 2 et 3 du GIEC – Mines de charbon souterraines abandonnées, 2024 323
Tableau A3.2–5 Répartition des émissions fugitives du secteur pétrolier et gazier selon les catégories d'émissions des TCD 325
Tableau A3.2–6 Données sur les activités requises et leurs sources 329
Tableau A3.2–7 Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions produites par le torchage par région et par année 330
Tableau A3.2–8 Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions d'évacuation déclarées par région et par année 330
Tableau A3.2–9 Données sur les activités utilisées pour extrapoler les autres sources d'émissions fugitives par région pour toutes les années 331

Tableau A3.2–10 Composition moyenne du gaz naturel selon la catégorie de production de la Saskatchewan 337
Tableau A3.2–11 Sources de données utilisées pour déterminer les nombres d'installations et de puits 341
Tableau A3.2–12 Sources de données pour les coefficients de composantes utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont 342
Tableau A3.2–13 Coefficients d'émissions des appareils pneumatiques par province 343
Tableau A3.2–14 Coefficients d'émissions provenant des joints d'étanchéité de compresseurs 344
Tableau A3.2–15 Coefficients d'émissions associés aux fuites fugitives provenant de l'équipement selon le scénario de DERF 345
Tableau A3.2–16 Fréquence des activités de DERF selon le scénario 345
Tableau A3.2–17 Compositions moyennes du gaz naturel utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont 346
Tableau A3.2–18 Exigences provinciales relatives à la détection, au signalement et à la réparation des situations d'évacuation de gaz par le tubage de surface 347
Tableau A3.2–19 Renseignements clés extraits des sources de données sur l'évacuation de gaz par le tubage de surface 348
Tableau A3.2–20 Hypothèses fondées sur les exigences réglementaires pour différents scénarios de signalement des évacuations de gaz par le tubage de surface 348
Tableau A3.2–21 Précisions sur les relevés de mesures aériennes 349
Tableau A3.2–22 Données des mesures aériennes intégrées aux émissions fugitives de CH_4 352
Tableau A3.2–23 Intégration des estimations « descendantes » et « ascendantes » de CH_4 fondées sur des mesures par source 354
Tableau A3.2–24 Mise en correspondance des données sur les activités volumétriques afin d'extrapoler les émissions aériennes de CH_4 fondées sur des mesures par source 355
Tableau A3.2–25 CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour l'Alberta 356
Tableau A3.2–26 CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour la Saskatchewan 358
Tableau A3.2–27 CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour la Colombie-Britannique 359
Tableau A3.2–28 Résumé de l'analyse de régression ; corrélation entre le CH_4 fondé sur des mesures et celui fondé sur des données de substitution 360
Tableau A3.2–29 Résumé de l'analyse de régression ; corrélation entre le CH_4 fondé sur des mesures normalisées et celui fondé sur des données de substitution normalisées 361
Tableau A3.2–30 Source des données sur les méthodes des raffineries 369
Tableau A3.2–31 Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur le bitume (ACPP, 2006) 372
Tableau A3.2–32 Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur les sables bitumineux d'ECCC (ECCC, 2017) 373
Tableau A3.2–33 Fondement des estimations des émissions pour chaque installation de l'industrie des SB/VPL 373
Tableau A3.2–34 Données sur les activités requises pour le modèle des sables bitumineux 374
Tableau A3.2–35 Coefficients d'émission pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés 376
Tableau A3.2–36 Données sur les activités requises pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés 377
Tableau A3.2–37 Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux par année et par province ou territoire 378
Tableau A3.2–38 Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur pour les fuites dans les installations industrielles et les centrales électriques par année et par province ou territoire 379
Tableau A3.2–39 Résumé des données sur les activités donnant lieu à des émissions fugitives en aval du compteur, et de leurs sources 380
Tableau A3.3–1 Usines du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite 382
Tableau A3.3–2 Données sur les années d'activité pour l'importation et l'exportation ou les ventes de HFC en vrac, années de la collecte, et source des données 386
Tableau A3.3–3 Données sur les années d'activité pour les biens fabriqués importés et exportés contenant des HFC, années de la collecte, et sources des données 386
Tableau A3.3–4 Applications et sous-applications des HFC au Canada et variables de substitution utilisées aux fins d'extrapolation 387
Tableau A3.4–1 Catégories d'animaux et sources de données sur les populations 398

Tableau A3.4–2 Approche de production bovine par étapes 399
Tableau A3.4–3 Caractéristiques typiques de la production laitière canadienne en 2001 400
Tableau A3.4–4 Production laitière moyenne de 1990 à 2024 par province 401
Tableau A3.4–5 Caractéristiques typiques de la production bovine au Canada en 2001, selon diverses sources 403
Tableau A3.4–6 Indicateurs de changement du poids vif en fonction du temps pour les sous-catégories de bovins 404
Tableau A3.4–7 Populations provinciales d'animaux d'élevage par sous-catégorie, pour certains animaux d'élevage, en 2024 405
Tableau A3.4–8 Exemple de paramètres de l'équation pour calculer l'énergie brute par système de production, pour deux provinces, en 2024 406
Tableau A3.4–9 Exemple de série chronologique du poids des bovins par système de production, pour deux provinces, certaines années 407
Tableau A3.4–10 Matière sèche ingérée par sous-catégorie de bovins, certaines années, de 1990 à 2024, estimée en fonction de l'apport énergétique brut 410
Tableau A3.4–11 Coefficients d'émission de CH_4 pour la fermentation entérique des bovins, certaines années, de 1990 à 2024 411
Tableau A3.4–12 Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique 416
Tableau A3.4–13 Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins ou les porcs en 2024 et intervalle de confiance connexe de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne 418
Tableau A3.4–14 Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier de porc en 2024 418
Tableau A3.4–15 Digestibilité de l'alimentation (DA %) approximative pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage, et sources de données 419
Tableau A3.4–16 Matière sèche ingérée pour certaines catégories d'animaux d'élevage 419
Tableau A3.4–17 Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage, et sources de données 420
Tableau A3.4–18 Pourcentages de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) au Canada (par catégorie d'animaux, pondérée en fonction des populations animales provinciales en 2024) 422
Tableau A3.4–19 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers des bovins, par sous-catégories, de 1990 à 2024 423
Tableau A3.4–20 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers de porcs, par sous-catégories, de 1990 à 2024 424
Tableau A3.4–21 Coefficients d'émission de CH_4 pour la gestion des fumiers de tous les autres animaux d'élevage, 2024 424
Tableau A3.4–22 Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers 428
Tableau A3.4–23 Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les bovins (kg N animal^{-1} année^{-1}) 430
Tableau A3.4–24 Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les porcs (kg N animal^{-1} année^{-1}) 431
Tableau A3.4–25 Taux d'excrétion de N provenant du fumier pour tous les autres animaux 431
Tableau A3.4–26 Application des CE_4 tirés de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, par écozone 433
Tableau A3.4–27 Pertes totales de N, de NH_3-N et de NO_X-N associées à divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers 433
Tableau A3.4–28 Pertes totales de N, de NH_3-N et de NO_X-N associées aux systèmes de gestion des fumiers des bovins laitiers 433
Tableau A3.4–29 Pertes totales de N, de NH_3-N et de NO_X-N associées aux systèmes de gestion des fumiers des porcs 434
Tableau A3.4–30 Coefficients de rapports du N_2O dans les sols pour les systèmes de culture et les sources de N 437
Tableau A3.4–31 Sources de données utilisées pour déterminer la production annuelle de biosolides et leurs caractéristiques à l'échelle provinciale 438
Tableau A3.4–32 Comparaison entre les données sur la production estimée de biosolides et les chiffres déclarés par des RMR individuelles et provinciales 439
Tableau A3.4–33 Émissions d'oxyde nitreux attribuables à l'urine et au fumier de bœuf dans les pâturages de l'Ouest du Canada 442
Tableau A3.4–34 Coefficients de rapports du N_2O pour le travail de conservation du sol, par écozone 445

Tableau A3.4–35 Coefficients pour le type de cultures, les types d'engrais azotés inorganiques, la méthode d'épandage des engrais, les propriétés chimiques du sol et le climat élaborés par Bouwman et al. (2002b) 446
Tableau A3.4–36 Coefficients d'émission d'ammoniac pour les engrais azotés inorganiques appliqués aux cultures annuelles, pondérés en fonction des propriétés du sol pour chaque province (%) 447
Tableau A3.4–37 Fraction du N volatilisé ($FRAC_{GAZE}$) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale 447
Tableau A3.4–38 Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale 448
Tableau A3.4–39 Fraction du N produit par les porcs volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale 448
Tableau A3.4–40 Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, en 2024, à l'échelle provinciale 448
Tableau A3.4–41 Paramètres d'incertitude utilisés dans le calcul des émissions de N_2O agricoles 452
Tableau A3.4–42 Brûlage des résidus de récolte selon les types de culture en 2006 453
Tableau A3.4–43 Brûlage des résidus de récolte par province, au Canada, pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006 454
Tableau A3.5–1 Nombre d'unités analytiques spatiales des forêts aménagées par province et territoire 457
Tableau A3.5–2 Réservoirs de carbone forestier selon les Lignes directrices du GIEC et la modélisation du MBC-SFC3 458
Tableau A3.5–3 Paramètres régissant le renouvellement de la biomasse, l'allométrie racinaire et le taux de mélange du réservoir lent dans le MBC-SFC3 460
Tableau A3.5–4 Paramètres régissant la décomposition de la MOM dans le MBC-SFC3 460
Tableau A3.5–5 Principales sources de données utilisées pour déterminer les perturbations forestières avant 1990 463
Tableau A3.5–6 Principales sources d'information et de données sur les forêts aménagées 465
Tableau A3.5–7 Plages d'incertitude pour le carbone des produits ligneux récoltés, par province et territoire du Canada 471
Tableau A3.6–1 Contenu de carbone organique dégradable (COD) des déchets et fraction de carbone organique dégradable qui se décompose (COD_f) 520
Tableau A3.6–2 Constantes du taux de décomposition et demi-vies des déchets, par climat 522
Tableau A3.6–3 Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (millions de tonnes) 525
Tableau A3.6–4 Sources de la caractérisation des déchets utilisées 526
Tableau A3.6–5 Proportion de déchets enfouis dans les régions climatiques humides ou sèches de chaque province et territoire 527
Tableau A3.6–6 Quantité de CH_4 produit, récupéré et émis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux au Canada 528
Tableau A3.6–7 Quantité de déchets de bois industriels enfouis au Canada 530
Tableau A3.6–8 Déchets de bois enfouis par province (tonnes anhydres) 531
Tableau A3.6–9 Résumé des paramètres d'entrée du modèle d'enfouissement des déchets de bois 532
Tableau A3.6–10 Estimation en tonnes des déchets incinérés par source de déchets 536
Tableau A3.6–11 Coefficients par défaut utilisés dans l'Équation A3.6–10 pour déterminer les émissions de CO_2 provenant de l'incinération 538
Tableau A3.6–12 Coefficients d'émission de N_2O et de CH_4 par défaut pour les installations d'incinération 539
Tableau A3.6–13 Sommaire national des émissions (kilotonnes d'éq. CO_2) provenant de l'incinération 540
Tableau A3.6–14 Coefficients d'émission de CH_4 pour le Traitement des eaux usées 544
Tableau A3.6–15 Pourcentage de la population canadienne qui utilise chaque type de technologie de traitement des eaux usées 548
Tableau A3.6–16 Coefficients d'émission des rejets d'eaux usées vers les plans d'eau récepteurs 549
Tableau A3.6–17 Caractéristiques des boues (conversion de la DBO_5 en total de solides en suspension et fraction des matières volatiles en suspension) 551
Tableau A3.6–18 Coefficients d'émission du N_2O et élimination du N par différents types de traitements 555
Tableau A3.6–19 Apport et consommation canadienne de protéines 556
Tableau A4–1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada 559
Tableau A4–2 Contenus énergétiques et coefficients d'émission applicables au Canada selon la méthode de référence 560
Tableau A6.1–1 Coefficients d'émission du CO_2 pour le gaz naturel marchand 566

Tableau A6.1–2 Coefficients d'émission du CO_2 pour le gaz naturel non marchand 567
Tableau A6.1–3 Coefficients d'émission des liquides de gaz naturel 568
Tableau A6.1–4 Coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O pour le gaz naturel 568
Tableau A6.1–5 Coefficients d'émission du CH_4 pour la consommation des producteurs de gaz naturel dans les provinces de l'Ouest 568
Tableau A6.1–6 Coefficients d'émission pour les produits pétroliers raffinés 570
Tableau A6.1–7 Coefficients d'émission du CO_2 pour le coke de pétrole et le gaz de distillation 571
Tableau A6.1–8 Coefficients d'émission du N_2O pour le coke de pétrole 572
Tableau A6.1–9 Coefficients d'émission du CH_4 pour le gaz de distillation (raffineries et autres) 573
Tableau A6.1–10 Coefficients d'émission du CO_2 pour le charbon 574
Tableau A6.1–11 Coefficients d'émission du CO_2 pour le gaz des fours à coke et le coke 574
Tableau A6.1–12 Coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O pour le charbon, le coke et le gaz des fours à coke 575
Tableau A6.1–13 Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille pondérés à l'échelle provinciale (t CH_4/kt de charbon extrait) 575
Tableau A6.1–14 Coefficients d'émission pour les combustibles de remplacement 576
Tableau A6.1–15 Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'Énergie 578
Tableau A6.2–1 Étendue des coefficients d'émission du CO_2 pour les produits minéraux 579
Tableau A6.2–2 Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac 579
Tableau A6.2–3 Coefficients d'émission du N_2O pour la production d'acide nitrique et d'acide adipique 579
Tableau A6.2–4 Coefficients d'émission pour les produits pétrochimiques 580
Tableau A6.2–5 Coefficients d'émission pour les sous-produits de la production de composés fluorés 580
Tableau A6.2–6 Coefficients d'émission du CO_2 pour l'industrie de la sidérurgie 580
Tableau A6.2–7 Teneur en carbone pour l'industrie sidérurgique 581
Tableau A6.2–8 Coefficients d'émission de Niveau 1 pour la Production d'aluminium 581
Tableau A6.2–9 Coefficients d'émission du CO_2 de Niveau 1 pour la Production de magnésium 581
Tableau A6.2–10 Coefficients d'émission pour la Production des terres rares 581
Tableau A6.2–11 Coefficients d'émission du CO_2 pour l'utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques 582
Tableau A6.2–12 Coefficients d'émission pour l'utilisation des PFC, SF_6 et NF_3 dans l'industrie électronique 582
Tableau A6.2–13 Les HFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) — coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%) 583
Tableau A6.2–14 Les PFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) — coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%) 584
Tableau A6.3–1 Coefficients d'émission pour l'utilisation de N_2O (comme anesthésique et comme agent propulseur) 584
Tableau A6.3–2 Coefficients d'émission pour les émissions de PFC provenant des autres applications confinées 584
Tableau A6.3–3 Coefficients d'émission pour l'utilisation d'urée dans les véhicules à RCS 584
Tableau A6.4–1 Coefficients d'émission du CH_4 pour la fermentation entérique chez les bovins, certaines années de 1990 à 2024 585
Tableau A6.4–2 Coefficients d'émission (CE) du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines 586
Tableau A6.4–3 Potentiel de production maximale de méthane (B0) par catégorie animale 586
Tableau A6.4–4 Facteurs de conversion du méthane (FCM) par catégorie animale et système de gestion des fumiers 587
Tableau A6.4–5 Facteurs de conversion du méthane (FCM) pour les bovins laitiers et les porcs 587
Tableau A6.4–6 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers des bovins, par sous-catégories, de 1990 à 2024 587
Tableau A6.4–7 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers de porcs, par sous-catégories, de 1990 à 2024 588
Tableau A6.4–8 Coefficients d'émission du CH_4 pour la gestion des fumiers de tous les autres animaux d'élevage, 2024 588
Tableau A6.4–9 Coefficients d'émission pour les bovins laitiers et les porcs pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O-N, par les systèmes de gestion des déchets animaux 589

Tableau A6.4–10 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O-N, par catégorie animale, pour les systèmes de gestion des déchets animaux 589
Tableau A6.4–11 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier de bovins et de porcs, sous forme de N_2O, pendant l'entreposage 590
Tableau A6.4–12 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier non bovin ou porcin, sous forme de N_2O, pendant l'entreposage, 2024 590
Tableau A6.4–13 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier de bovins et de porcs, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et la lixiviation pendant l'entreposage 591
Tableau A6.4–14 Coefficients d'émission (CE) annuels pour les pertes d'azote (N) du fumier de bovins et de porcs, sous forme de NH_3, attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage 592
Tableau A6.4–15 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et au lessivage pendant l'entreposage, 2024 592
Tableau A6.4–16 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH_3, attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage, 2024 593
Tableau A6.4–17 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables au fumier de bovins produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos 593
Tableau A6.4–18 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos 594
Tableau A6.4–19 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH_3, attribuables à la volatilisation du fumier produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos 594
Tableau A6.4–20 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N), sous forme de N_2O, des résidus de culture et des engrais azotés organiques et inorganiques, suivant l'épandage sur les sols agricoles 595
Tableau A6.4–21 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH_3, attribuables aux sols agricoles 595
Tableau A6.4–22 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier épandu sur les sols agricoles 596
Tableau A6.4–23 Fraction de l'azote volatilisé ($FRAC_{GASM}$) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage de N biosolide sur les sols agricoles 596
Tableau A6.4–24 Coefficient d'émission de N_2O pour la culture de sols organiques à latitude moyenne 596
Tableau A6.4–25 Coefficient d'émission (CE) pour l'azote (N) biosolide relâché indirectement sous forme de N_2O en raison de la lixiviation des biosolides appliqués aux sols agricoles 596
Tableau A6.4–26 Fraction de l'azote volatilisé ($FRAC_{GASF}$) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale 597
Tableau A6.4–27 Émissions indirectes de N_2O provenant des sols agricoles 597
Tableau A6.4–28 Émissions de CH_4 et de N_2O provenant de l'incinération des résidus agricoles dans les champs 597
Tableau A6.4–29 Émissions de CO_2 attribuables au chaulage et à l'application d'urée 597
Tableau A6.5–1 Valeurs par défaut des paramètres utilisés dans l'analyse des Produits ligneux récoltés 600
Tableau A6.5–2 Densité du bois selon les produits 600
Tableau A6.5–3 Demi-vies (années) des produits ligneux récoltés utilisés 601
Tableau A6.5–4 Coefficients du carbone organique du sol agricole par région et par type de changement d'aménagement des terres (CAT) 601
Tableau A6.5–5 Ratios C:N du fumier provenant des principaux animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers, épandu sur des sols agricoles 602
Tableau A6.5–6 Rétention du C issu de l'épandage de fumier sur des sols destinés à une production annuelle 602
Tableau A6.5–7 Facteur de perte de CO_2 des sols pour la culture de sols organiques à latitude moyenne 602
Tableau A6.5–8 Paramètres et coefficients d'émission (CE) servant à l'estimation des émissions produites par l'extraction de tourbe 603
Tableau A6.5–9 Coefficients d'émission (CE) moyens des réservoirs par unité de rapprochement (UR) 604
Tableau A6.5–10 Paramètres d'émissions résiduelles relatifs au changement d'affectation et à la gestion des terres humides dans la région des sables bitumineux de l'Alberta au Canada 605
Tableau A6.5–11 Densité du stockage et de la séquestration du carbone dans les arbres urbains 606

Tableau A6.5–12 Carbone organique du sol dans les terres forestières et cultivées (0 à 30 cm de profondeur) 606
Tableau A6.5–13 Paramètres et coefficients d'émission (CE) pour l'estimation des émissions issues du changement d'affectation des terres dans le nord 607
Tableau A6.6–1 Coefficients d'émission pour la biomasse 608
Tableau A6.6–2 Coefficients d'émission (CE) pour la combustion de la biomasse gazeuse 609
Tableau A6.7–1 Facteurs de correction du méthane (FCM) et coefficients d'émissions (CE) pour le CH_4 provenant du traitement des eaux usées 610
Tableau A6.7–2 Facteurs de correction du méthane (FCM) et coefficients d'émission (CE) du CH_4 provenant du rejet des eaux usées 610
Tableau A6.7–3 Coefficient d'émission (CE) pour le N_2O provenant du traitement des eaux usées 611
Tableau A6.7–4 Coefficient d'émission (CE) du N_2O, du rejet des eaux usées aux plans d'eau récepteurs 611
Tableau A6.7–5 Coefficients d'émission pour l'incinération des déchets 612
Tableau A6.7–6 Coefficient d'émission pour le traitement biologique des déchets solides 613
Tableau A7–1 Données sur la production d'électricité et les émissions de GES au Canada 615

LISTE DE FIGURES

Figure S–1 Ventilation des émissions du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2024) 4

Figure S–2 Ventilation des émissions du Canada par GES (2024) 5

Figure S–3 Émissions de GES et intensité indexée des émissions de GES du Canada (à l'exception du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) 5

Figure S–4 Tendances des émissions de GES du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2024) 6

Figure S–5 Variations des émissions de GES par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2024) 7

Figure S–6 Répartition des émissions de GES du Canada par secteur économique (2024) 13

Figure S–7 Émissions par province et territoire en 2005, 2010, 2015, 2019 et 2024 14

Figure 1–1 Variations des températures annuelles au Canada et tendance à long terme, 1948–2024 19

Figure 1–2 Partenaires et contributeurs des dispositions relatives à l'inventaire national 22

Figure 1–3 Aperçu du processus de production de l'inventaire 24

Figure 1–4 Processus par phases du cycle d'inventaire des GES, principales étapes 26

Figure 1–5 Émissions déclarées par les installations, en pourcentage des émissions industrielles de gaz à effet de serre, par province et territoire pour 2024 36

Figure 2–1 Tendances des émissions de GES du Canada (à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) (de 1990 à 2024) 41

Figure 2–2 Tendance indexée des émissions de GES et intensité des émissions de GES (à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) (de 1990 à 2024) 41

Figure 2–3 Émissions de GES par province et territoire, certaines années 42

Figure 2–4 Ventilation des émissions du Canada par GES (2024) 43

Figure 2–5 Tendances des émissions de méthane au Canada (de 1990 à 2024) 45

Figure 2–6 Émissions de méthane au Canada (2006) 46

Figure 2–7 Émissions de méthane au Canada (2024) 46

Figure 2–8 Tendances des émissions de GES au Canada, par secteur du GIEC (de 1990 à 2024) 48

Figure 2–9 Variations des émissions de GES par secteur du GIEC (de 2005 à 2024) 48

Figure 2–10 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources de combustion fixes (de 1990 à 2024) 51

Figure 2–11 Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES de la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public, de 1990 à 2024 et de 2005 à 2024 53

Figure 2–12 Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Résidentiel, entre 1990 et 2024 55

Figure 2–13 Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Commercial et institutionnel, entre 1990 et 2024 55

Figure 2–14 Degrés-jours de chauffage (DJCh) et émissions de GES des catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel (de 1990 à 2024) 56

Figure 2–15 Tendances des émissions canadiennes de GES attribuables aux Transports (de 1990 à 2024) 57

Figure 2–16 Facteurs contribuant à la variation des émissions des véhicules légers, de 1990 à 2024 et de 2005 à 2024 59

Figure 2–17 Liens entre les émissions attribuables aux pipelines au Canada, les importations des États-Unis vers l'Ontario et les transferts interrégionaux du gaz naturel de l'Ouest du Canada 60

Figure 2–18 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources fugitives (de 1990 à 2024) 61

Figure 2–A Comparaison des inventaires de méthane basés sur les mesures aériennes avec les estimations de l'inventaire national 63

Figure 2–19 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources des Procédés industriels et utilisation des produits (de 1990 à 2024) 65

Figure 2–20 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources de l'Agriculture (de 1990 à 2024) 68

Figure 2–21 Proportions des émissions canadiennes de GES d'origine agricole rejetées sous forme de CH_4 et de N_2O, ou attribuées à l'élevage et aux cultures agricoles (de 1990 à 2024) 69
Figure 2–22 Flux net et principales causes des émissions et des absorptions de GES dans le secteur ATCATF, 1990–2024 72
Figure 2–23 Tendances dans les taux annuels de conversion de forêts en terres cultivées, en terres humides et en établissements 75
Figure 2–24 Tendances des émissions annuelles attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées, terres humides et établissements 76
Figure 2–25 Évaluation intégrée des émissions et absorptions découlant des activités agricoles 78
Figure 2–26 Tendances dans les émissions canadiennes de GES du secteur des Déchets (de 1990 à 2024) 79
Figure 2–27 Méthane produit, évité et rejeté par les sites d'enfouissement de DSM 80
Figure 2–28 Répartition des émissions de GES du Canada par secteur économique (2024) 83
Figure 2–B Intensité des émissions selon le type de source du Pétrole et gaz (1990, 2005 et 2024) 86
Figure 2–C Intensité des émissions de méthane (CH_4) par rapport à la production totale de pétrole et de gaz, Canada 87
Figure 3–1 Contribution des émissions du secteur de l'Énergie par catégorie en 2024 88
Figure 3–2 Émission de GES du secteur de l'Énergie 92
Figure 3–3 Émissions de GES attribuables à l'utilisation de combustibles 93
Figure 4–1 Tendances de la production d'acide nitrique et des émissions de N_2O de procédé 145
Figure 4–2 Émissions produites par des HFC utilisés comme substituts à des substances appauvrissant l'ozone, par application 176
Figure 6–1 Zones de déclaration aux fins des estimations du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie 216
Figure 6–2 a) Gains et pertes de carbone des Terres forestières et des PLR, et b) Transferts annuels de PLR par catégorie de terre contributrice 217
Figure 6–3 Gains et pertes de carbone attribuables aux Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, par composante 220
Figure 6–4 Recalculs de la composante des perturbations naturelles et de la composante anthropique des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé 223
Figure 6–5 Gains et pertes du réservoir de Produits ligneux récoltés selon l'approche de décomposition simple 228
Figure 6–6 Émissions et absorptions attribuables aux Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé 230
Figure 6–7 Estimations des émissions et absorptions dans les Terres humides dont la vocation n'a pas changé et les Terres converties en terres humides 242
Figure 6–8 Conversions annuelles de superficies forestières, par utilisation finale des terres 257
Figure 7–1 Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement municipaux, méthane produit (par matériau source), récupéré et rejeté 261
Figure 7–2 Méthane récupéré du traitement et du rejet des eaux usées 268
Figure 8–1 Comparaison des tendances d'émission (RIN 2025 par rapport au RIN 2026) 272
Figure A3.1–1 Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES 297
Figure A3.2–1 Répartition des émissions fugitives de pétrole et de gaz selon la méthode d'estimation (2024) 324
Figure A3.2–2 Représentation graphique de la méthode du « calage » 332
Figure A3.2–3 Alberta Township System (ATS) 334
Figure A3.2–4 Zones de production pétrolière et gazière en Saskatchewan 335
Figure A3.2–5 Maillage lié au pétrole et au gaz naturel en Colombie-Britannique 336
Figure A3.2–6 Contenu en méthane par canton en Alberta avec certaines formations produisant du pétrole et du gaz 338
Figure A3.2–7 Teneur en méthane propre à l'emplacement du gaz naturel produit en Colombie-Britannique 339
Figure A3.2–8 Émissions de CH_4 fondées sur des mesures par rapport aux données de substitution sélectionnées ayant servi à l'analyse de régression pour tester la force de la corrélation 361
Figure A3.2–9 CH_4 des bâtiments de compresseurs dans la production et le traitement du gaz naturel normalisé selon l'année de référence rétrospective 362
Figure A3.2–10 Comparaison des mesures de CH_4 anthropiques totales prises à partir d'une tour en Alberta et en Saskatchewan avec les estimations de l'inventaire de 2010 à 2022 364
Figure A3.2–11 Estimations d'incertitude du CH_4 pour les sources fondées sur des mesures pour plusieurs sous-types d' installations 365
Figure A3.3–1 Procédés de sidérurgie au Canada 383
Figure A3.4–1 Aperçu des principales méthodes et des niveaux du GIEC utilisés pour estimer les émissions de la production d'animaux d'élevage et de cultures 396

Figure A3.4–2 Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC 404
Figure A3.4–3 Masse animale type des porcs, par catégorie de poids 408
Figure A3.4–4 Facteur de conversion de méthane (FCM) par province 422
Figure A3.4–5 Coefficient d'émission en fonction des précipitations pendant la saison de croissance (P) dans les sols de texture fine, moyenne et grossière 435
Figure A3.4–6 Présentation schématique détaillée des procédures et sources de données utilisées pour déterminer la série chronologique de la production provinciale de biosolides 438
Figure A3.4–7 Production nationale de biosolides (kt de solides secs) par rapport à la production totale estimée de biosolides 439
Figure A3.4–8 Expéditions d'engrais azotés inorganiques au Canada, de 1990 à 2024 441
Figure A3.4–9 Détermination des valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ pour l'écodistrict 449
Figure A3.5–1 Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC-SFC3 459
Figure A3.5–2 Arbre de décision pour le calcul de la superficie des forêts aménagées 464
Figure A3.5–3 Forêts aménagées et non aménagées au Canada 466
Figure A3.5–4 Arbre de décision pour différencier les émissions et les absorptions d'origine anthropique et naturelle 468
Figure A3.5–5 Trois taux d'échantillonnage sur des images satellites de cartes de conversion des forêts 473
Figure A3.5–6 Strates de conversion des forêts et secteurs d'échantillonnage en 2018-2023 474
Figure A3.5–7 Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts 475
Figure A3.5–8 Schéma simplifié du flux de carbone dans les produits ligneux récoltés, SNSCPRCF-PLR 478
Figure A3.5–9 Méthode d'établissement des coefficients de carbone en fonction de la superficie pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt donné 482
Figure A3.5–10 Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture pérenne (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction du modèle Century pour un loam de Lethbridge 483
Figure A3.5–11 Fluctuations du COS dans le cadre de simulations où ont lieu des remplacements par rapport à des simulations de cultures de base combinées 484
Figure A3.5–12 Coefficients du carbone en fonction du temps 485
Figure A3.5–13 Rendements moyens des principales grandes cultures au Canada de 1971 à 2024 486
Figure A3.5–14 Représentation des procédures pour l'estimation de la fluctuation du carbone organique dans le sol selon la productivité des cultures et l'apport de carbone par les résidus de cultures 488
Figure A3.5–15 Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres en fonction de la superficie et de l'apport de carbone pour estimer la fluctuation du carbone au Canada 490
Figure A3.5–16 Dynamique du COS après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernozémiques bruns et brun foncé, simulée par le modèle Century 497
Figure A3.5–17 Carbone organique du sol après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées, simulé selon le modèle Century 499
Figure A3.5–18 Données nationales des émissions et absorptions nettes de CO_2 après la restauration par la technique de transfert de couche de mousse 505
Figure A3.5–19 Exemple normalisé de décroissance du flux diffusif après la construction d'un réservoir 508
Figure A3.5–20 Perturbations associées aux activités d'exploitation pétrolière et gazière dans les terres humides de l'Alberta 512
Figure A3.5–21 Grilles d'échantillonnage et points d'échantillonnage ponctuel superposés à des photos aériennes géoréférencées 514
Figure A3.5–22 Emplacement des événements de changement d'affectation des terres dans le nord du Canada 517
Figure A3.6–1 Déchets solides municipaux (DSM) éliminés au Canada et destinations lors de l'élimination 524
Figure A3.6–2 Régions climatiques à long terme au Canada et plus grands sites d'enfouissement 527
Figure A3.6–3 Arbre décisionnel permettant de recueillir, d'estimer et de déclarer les émissions de GES produites par les installations d'incinération 535
Figure A3.6–4 Diagramme du flux de matières organiques dans les eaux usées 542
Figure A3.6–5 Population desservie par chaque type de technologie de traitement, par province et territoire 547
Figure A3.6–6 Récupération de CH_4 de la digestion des boues du traitement des eaux usées municipales 550
Figure A3.6–7 Comptabilisation des flux de boues, estimation de la destination des boues, par province et territoire 553
Figure A4–1 Diagramme sur le flux d'énergie au Canada, 2024 (BDEE) (CCIE, 2025) 561
Figure A4–2 Sources des données du BDEE sur les combustibles fossiles et l'énergie 562
Figure A6.5–1 Paramètres des matrices des perturbations pour la modélisation du carbone (exemples choisis) 599

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET UNITÉS COMMUNES

Abréviations

AAC ..... Agriculture et Agroalimentaire Canada ou Association de l'aluminium du Canada

ACPP ..... Association canadienne des producteurs pétroliers

AD ..... atterrissage et décollage

AIE ..... Agence internationale de l'énergie

AQ ..... assurance de la qualité

ATCATF ..... Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

BCER ..... organisme de réglementation de l'énergie de la Colombie-Britannique (*British Columbia Energy Regulator*)

BCOGC ..... Commission du pétrole et du gaz de la Colombie-Britannique (*BC Oil and Gas Commission*)

BDEE ..... *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada*

CAT ..... Changement d'aménagement des terres

CCNUCC ..... Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

CE ..... coefficient d'émission

CEEDC ..... Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions

CEPEI ..... Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation

CFC ..... chlorofluorocarbure

CMS ..... consommation de matière sèche

COD ..... carbone organique dégradable (secteur des Déchets)

COD ..... carbone organique dissous (secteur ATCATF)

COS ..... carbone organique du sol

COVNM ..... composé organique volatil non méthanique

CQ ..... contrôle de la qualité

CSC ..... captage et stockage du carbone

CTUSC ..... captage, transport, utilisation et stockage du carbone

DDI ..... données déclarées par les installations

DERF ..... détection et réparation des fuites

DSM ..... déchets solides municipaux

ECCC ..... Environnement et Changement climatique Canada

ED ..... énergie digestible

FCM ..... facteur de conversion du méthane

GES ..... gaz à effet de serre

GIEC ..... Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

HCFC ..... hydrochlorofluorocarbure

HFC ..... hydrofluorocarbure

LCPE 1999 ..... *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999*

MBC-SFC3 ..... Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien, version 3

MOM ..... matière organique morte

MPL..... modalités, procédures et lignes directrices du cadre de transparence pour l'action et le soutien visé à l'article 13 de l'Accord de Paris

MSV ..... mesure, surveillance et vérification

ND..... non disponible

OCDE..... Organisation de coopération et de développement économiques

OT..... observation de la Terre

PCA..... principaux contaminants atmosphériques

PCIRS ..... Produits chimiques industriels et résines synthétiques

PDGES..... Programme de déclaration des gaz à effet de serre

PFC..... perfluorocarbure

PGA ..... pétrole et gaz naturel en amont

PIB ..... produit intérieur brut

PIUP..... Procédés industriels et utilisation des produits

PLR..... produits ligneux récoltés

PPC ..... pédopaysages du Canada

PRP..... potentiel de réchauffement planétaire

RAH ..... récupération assistée des hydrocarbures

RC-TNLEE ..... Régie Canada-Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière

RCS ..... réduction catalytique sélective

RDA ..... *Recensement de l'agriculture*

RIN..... Rapport d'inventaire national

RNCan ..... Ressources naturelles Canada

SAO ..... substance appauvrissant l'ozone

SCF..... Service canadien des forêts

SGDA..... systèmes de gestion des déchets animaux

SNSCPRCF-PLR..... Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur le C des forêts pour les Produits ligneux récoltés

StatCan ..... Statistique Canada

TCD..... Tableaux communs de déclaration

UR..... unité de rapprochement

VED ..... valorisation énergétique des déchets

VKP..... véhicules-kilomètres parcourus

Formules chimiques

C ..... carbone

$CaCO_3$..... carbonate de calcium; calcaire

CaO ..... oxyde de calcium; chaux; chaux vive; chaux calcinée

CF_4..... tétrafluorure de carbone; perfluorométhane

C_2F_6 ..... hexafluorure de carbone; perfluoroéthane

CH_4 ..... méthane

CO ..... monoxyde de carbone

CO_2 ..... dioxyde de carbone

éq. CO_2 ..... équivalent de dioxyde de carbone

H_2S ..... sulfure d’hydrogène
Mg ..... magnésium
$MgCO_3$ ..... magnésite; carbonate de magnésium
MgO ..... magnésie; oxyde de magnésium
N ..... azote
NF_3 ..... trifluorure d’azote
NH_3 ..... ammoniac
NH_4^+ ..... ammonium
NH_4NO_3 ..... nitrite d’ammonium
N_2O ..... oxyde nitreux
N_2O-N ..... émissions d’oxyde nitreux exprimées en tant qu’émissions d’azote
NO_3^- ..... nitrate
NO_x ..... oxydes d’azote
SF_6 ..... hexafluorure de soufre
SiC ..... carbure de silicium

Clés de notation

IA ..... inclus ailleurs
I ..... inexistant
NE ..... non estimé
S.O. ..... sans objet

Unités

g ..... gramme
Gg ..... gigagramme
GWh ..... gigawattheure
ha ..... hectare
kg ..... kilogramme
kha ..... kilohectare
km ..... kilomètre
kt ..... kilotonne
kWh ..... kilowattheure
m ..... mètre
Mg ..... mégagramme
Mha ..... million d’hectares
ML ..... mégalitre
Mt ..... mégatonne
PJ ..... pétajoule
TJ ..... térajoule
t ..... tonne
TWh ..... térawattheure

SOMMAIRE

S.1.	Points clés	1
S.2.	Introduction	2
	Le RIN : données scientifiques probantes pour les décideurs	3
S.3.	Survol des émissions nationales de GES (1990–2024)	4
S.4.	Émissions de GES et tendances par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	6
	La contribution clé des données déclarées par les installations aux émissions estimatives de GES	10
	Utilisation des mesures aériennes pour améliorer les estimations de l'inventaire	11
S.5.	Secteurs économiques canadiens	13
S.6.	Émissions de GES des provinces et des territoires	14
S.7.	Analyse des catégories clés	15
S.8.	Améliorations apportées à l'inventaire	15
S.9.	Dispositions prises relativement à l'inventaire national	16
Références du sommaire		17

S.1. Points clés

- En 2024, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du Canada (à l'exclusion du secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie [ATCATF]) étaient de 685 mégatonnes d'équivalent de dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO_2)[1], une diminution de 78 Mt (-10 %) par rapport à 2005, et une diminution de 2,2 Mt (-0,3 %) par rapport aux émissions révisées de 2023.
- Entre 2005 et 2024, les tendances les plus notables du profil d'émissions du Canada se remarquaient dans les sources des secteurs Électricité ainsi que Pétrole et gaz. Pendant cette période, les émissions issues de l'Électricité ont diminué de 66 Mt (-57 %) grâce à l'abandon progressif de la production d'électricité à partir de charbon. Quant aux émissions du secteur Pétrole et gaz, elles ont augmenté de 10 Mt (5,1 %), bien qu'elles ont atteint un sommet de 230 Mt en 2014 et depuis ont diminué de 22 Mt (-9,6 %), passant à 208 Mt en 2024. Cette tendance concorde avec les diminutions des sources d'émissions fugitives de méthane mesurées ces dernières années.
- Les émissions de méthane ont atteint leur niveau déclaré le plus bas en 2024, passant à 105 Mt d'éq. CO_2, une diminution de 47 Mt (31 %) depuis 2005 et de 39 Mt (27 %) depuis 2012[2]. Ce changement est porté par le secteur de Pétrole et gaz, responsable de presque 80 % du déclin. Les émissions de méthane issues de ce secteur ont atteint un sommet en 2014, pour ensuite diminuer de 46 %, principalement en réponse aux lois fédérales et provinciales destinées à les réduire.
- L'intensité des émissions de l'économie canadienne dans son ensemble (GES par produit intérieur brut [PIB]) a continué de diminuer; en 2024, elle a diminué de 48 % depuis 1990 et de 37 % depuis 2005.
- Comme à chaque édition du Rapport d'inventaire national (RIN), des améliorations ont été apportées, d'où les révisions des données publiées antérieurement. En général, la présente édition de l'inventaire comporte des révisions à la hausse de 4,3 Mt en 2005 et des révisions à la baisse de 7,0 Mt en 2023, en comparaison avec le précédent inventaire publié en 2025. Les méthodes améliorées font appel à des études et à des connaissances propres au Canada; elles faciliteront l'adoption de nouvelles données scientifiques, et refléteront plus fidèlement l'évolution des technologies et des pratiques de l'industrie.
- Le RIN du Canada est un rapport scientifique représentant les émissions antérieures du pays depuis 1990 qui, conjointement avec d'autres publications comme le Rapport biennal de transparence (RBT) du Canada, oriente et soutient la prise de décision en vue de réduire les émissions de GES et de lutter contre les changements climatiques, tel que reflété dans le Plan de réduction des émissions pour 2030.

1 Les totaux nationaux présentés dans l'inventaire officiel des GES du Canada ne comprennent ni les émissions ni les absorptions du secteur de l'ATCATF.

2 Reconnaissant la politique du Canada visant à réduire de 75 % les émissions de méthane d'ici 2030 par rapport à l'année de référence 2012.

- Comme pour la Contribution déterminée au niveau national du Canada, la déclaration des progrès réalisés vers les cibles en matière de réduction des émissions réunit les émissions de quatre secteurs du RIN du pays : Énergie, Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP), Agriculture et Déchets. Quant à la contribution du secteur de l'ATCATF, elle est calculée et déclarée séparément dans le RBT du Canada. Des renseignements sur les méthodes de comptabilisation relatives à l'ATCATF se trouvent dans le RBT et les rapports de projections des émissions de GES et de polluants atmosphériques du Canada. Le RIN 2026 est produit conjointement avec le deuxième RBT en vertu de l'Accord de Paris.

S.2. Introduction

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est un traité international établi en 1992 pour traiter de façon collaborative des questions relatives aux changements climatiques. L'objectif final de la CCNUCC est de stabiliser les concentrations atmosphériques de GES à un niveau qui empêcherait des perturbations dangereuses du système climatique. En 1992, le Canada a ratifié la Convention, qui est ensuite entrée en vigueur en 1994. Pour renforcer la lutte mondiale contre les changements climatiques, une multitude d'accords internationaux ont été introduits dans la CCNUCC. Le plus récent est l'Accord de Paris, un traité international juridiquement contraignant dont l'objectif primordial consiste à limiter la hausse de la température moyenne à bien en dessous de 2 °C et à poursuivre les efforts pour limiter la hausse à 1,5 °C. Le Canada, reconnaissant l'importance d'une action collective, a ratifié l'Accord de Paris en 2016, et celui-ci est entré en vigueur la même année. Depuis, le Canada a adopté l'année 2005 comme année de référence pour ses cibles de réduction des émissions de GES.

Dans son plan pour atteindre son objectif et pour mettre en œuvre ses dispositions, l'Accord de Paris énonce un certain nombre de principes directeurs et d'engagements. L'article 13 établit notamment un cadre de transparence renforcé des mesures et de l'appui. Il engage toutes les Parties à établir, mettre à jour régulièrement, publier et mettre à la disposition de la Conférence des parties leurs inventaires nationaux des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits de sept GES.

L'inventaire officiel des GES du Canada est préparé et présenté annuellement à la CCNUCC, conformément aux modalités, aux procédures et aux lignes directrices (MPL) du cadre de transparence pour l'action et le soutien visé à l'article 13 de l'Accord de Paris, adopté par la Décision 18/CMA.1 en 2018[3]. Le rapport annuel d'inventaire prescrit par la CCNUCC se compose du RIN et des Tableaux communs de déclaration (TCD), présentés avant le 15 avril de chaque année.

L'inventaire de GES comprend les émissions et les absorptions de dioxyde de carbone (CO_2), et les émissions de méthane (CH_4), d'oxyde nitreux (N_2O), des perfluorocarbures (PFC), des hydrofluorocarbures (HFC), de l'hexafluorure de soufre (SF_6) et du trifluorure d'azote (NF_3) dans cinq secteurs (Énergie; Procédés industriels et utilisation des produits [PIUP]; Agriculture; Déchets; et, Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie [ATCATF]). Les estimations des émissions et des absorptions de GES présentées dans l'inventaire des GES du Canada sont réalisées à l'aide de méthodes conformes aux *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Suivant le principe d'amélioration continue, les données et les méthodes servant à estimer les émissions sont révisées au fil du temps, les émissions totales font donc l'objet de changements à mesure que ces données et méthodes s'améliorent (consulter la section S.8).

En 2021, le Canada a officiellement présenté à la CCNUCC sa Contribution déterminée au niveau national (CDN), revue à la hausse, s'engageant à réduire ses émissions de GES de 40 % à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 (consulter l'encadré Le RIN : données probantes scientifiques pour les décideurs, qui suit). Le Canada a soumis sa CDN pour 2035 à la CCNUCC en février 2025. Par cette nouvelle CDN, le Canada s'engage à réduire les émissions de GES de 45 % à 50 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2035. Comme 2005 a été adoptée comme année de référence pour les cibles du Canada, bon nombre des paramètres de ce rapport sont présentés dans ce contexte, en plus de ceux exigés par les MPL pour l'année de référence 1990.

Conformément aux exigences en matière de déclaration, l'inventaire de GES fait rapport sur les émissions annuelles de 1990 jusqu'à l'année se terminant 15 mois et demi avant sa présentation à la CCNUCC en avril (par exemple, 2024 pour l'édition de 2026 de l'inventaire).

Comme pour la Contribution déterminée au niveau national du Canada, les progrès réalisés vers les cibles du Canada sont mesurés en conjuguant les données du RIN du Canada avec sa contribution au secteur de l'ATCATF, conformément à l'approche du pays en matière de comptabilisation du secteur de l'ATCATF, laquelle est indiquée séparément dans le Premier rapport biennal de transparence du Canada présenté à la CCNUCC et dans les rapports de projections des émissions de GES et de polluants atmosphériques du Canada.

La section S.3 de ce Sommaire donne un aperçu des toutes dernières données sur les émissions anthropiques nettes de GES du Canada, ainsi que des liens entre ces informations et les indicateurs pertinents de l'économie canadienne. La section S.4 décrit les principales tendances des émissions par secteurs du GIEC de la période allant de 2005 à 2024.

3 Par le passé, cet inventaire était préparé et présenté conformément à la version révisée des *Directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'Annexe I de la Convention, première partie : Directives FCCC pour la notification des inventaires annuels* (Directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires), adoptées par la Décision 24/CP.19 en 2013. Depuis 2024, la notification s'effectue au moyen des MPL.

À des fins d'analyse des tendances et des politiques économiques, les émissions ont été attribuées au secteur économique d'où elles proviennent. Ainsi, dans la section S.5, les émissions du Canada sont ventilées selon les secteurs économiques suivants : Pétrole et gaz; Électricité; Transports; Industrie lourde; Bâtiments; Agriculture; et Déchets et autres[4]. Dans le présent document, le terme « secteur » renvoie généralement aux secteurs d'activité définis par le GIEC pour les besoins des inventaires nationaux de GES, sauf si une expression comme « secteur économique » est employée pour désigner la situation canadienne.

La section S.6 présente un récapitulatif des émissions de GES pour les 13 entités infranationales du Canada. La section S.7 présente un aperçu de l'analyse et des résultats des principales catégories. La section S.8 présente un aperçu des améliorations apportées au présent inventaire, et des améliorations prévues pour les futures éditions. Enfin, la section S.9 fournit des détails sur les composantes du présent rapport et décrit les principaux éléments de sa préparation.

Le RIN : données scientifiques probantes pour les décideurs

Le premier plan climatique national du Canada, intitulé le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, a été élaboré en collaboration avec les provinces et les territoires et avec la contribution des peuples autochtones, et publié en 2016. En décembre 2020, le gouvernement du Canada a publié le Plan climatique renforcé, qui comprenait 64 politiques, programmes et investissements fédéraux nouveaux ou renforcés pour réduire les émissions. En 2021, le Canada a présenté son objectif amélioré pour 2030 à la CCNUCC et adopté la *Loi canadienne sur la responsabilité en matière de carboneutralité* (LCRMC). Ces documents servent de fondement à l'approche du Canada pour atteindre une réduction de 40 % à 45 % sous les niveaux de 2005 d'ici 2030, conformément à l'engagement pris dans le cadre de la Contribution déterminée au niveau national du Canada (CDN), et pour permettre au Canada de s'engager sur la voie en vue de l'objectif de carboneutralité d'ici 2050.

Comme pour la CDN du Canada, les progrès réalisés vers les cibles du Canada sont mesurés en conjuguant les données du RIN du Canada avec sa contribution au secteur de l'ATCATF, conformément à l'approche du pays en matière de comptabilisation du secteur de l'ATCATF, laquelle est indiquée séparément dans le Rapport biennal de transparence (RBT) du Canada et dans les projections des émissions de GES et de polluants atmosphériques du Canada pour les années où un RBT n'est pas produit.

En vertu de la LCRMC, le Plan de réduction des émissions (PRE) pour 2030 comprend les principales mesures pour atteindre la cible d'ici 2030, un objectif provisoire lié aux émissions de GES pour 2026, un aperçu des stratégies sectorielles pertinentes, un calendrier pour la mise en œuvre des mesures et un résumé des principales mesures et ententes de coopération avec les provinces et territoires. S'appuyant sur le PRE pour 2030, la Stratégie canadienne sur le méthane (2022) donne un aperçu des mesures visant à réduire davantage les émissions nationales de méthane de plus de 35 % d'ici 2030, comparativement aux niveaux de 2020.

En février 2025, conformément à l'Accord de Paris, le Canada a soumis sa CDN pour 2035 à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), s'engageant à réduire les émissions de GES de 45% à 50% par rapport aux niveaux de 2005. La CDN pour 2035 s'appuie sur la cible actuelle du Canada pour 2030, qui vise à réduire les émissions de 40% à 45% par rapport aux niveaux de 2005. Comme l'exige la LCRC, le Canada publiera le PRE pour 2035, établissant des politiques et des initiatives détaillées pour atteindre la cible, d'ici la fin 2029.

L'inventaire national officiel des GES se fonde sur les meilleures méthodes scientifiques disponibles et les données les plus fiables pour estimer les émissions de GES de l'ensemble de l'économie du Canada, notamment l'adoption de nouvelles technologies et le changement des pratiques ou des comportements. Les contributions à l'inventaire sont mises à jour annuellement pour intégrer les effets des politiques et des mesures, en plus de l'influence de facteurs indépendants et réels comme les conditions du marché et les imprévus. Les méthodes sont constamment améliorées à mesure que la compréhension scientifique s'améliore.

Par conséquent, l'inventaire national officiel des GES du Canada, avec d'autres publications régulières comme les projections des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques et le Rapport biennal de transparence du Canada, apporte des données scientifiques solides soutenant les décideurs qui s'efforcent de réduire les émissions de GES du Canada et de lutter contre les changements climatiques.

4 La catégorie « Autres » signifie Production de charbon, Industrie manufacturière légère, construction et exploitation forestière.

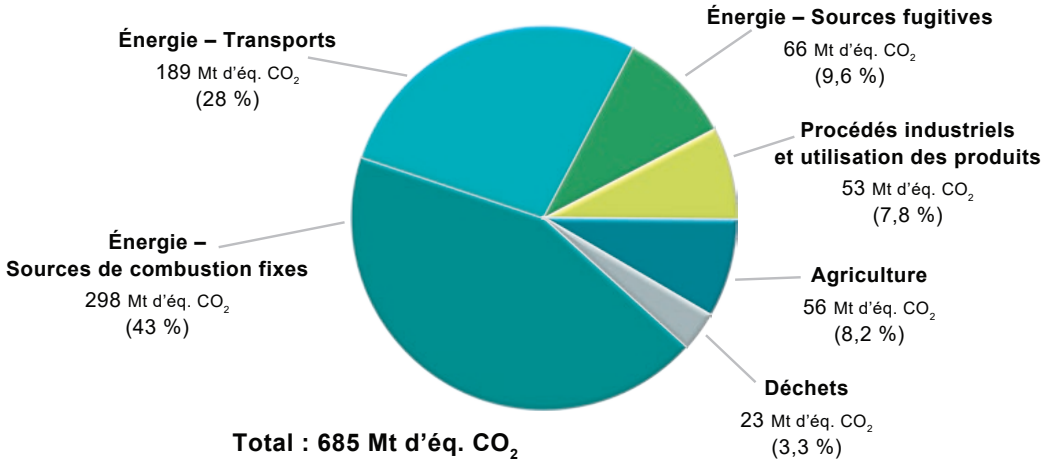
S.3. Survol des émissions nationales de GES (1990–2024)

Le Canada représente environ 1,4 % des émissions de GES mondiales (Climate Watch, 2026 pour l'année 2022), ce qui en fait le 11e plus grand émetteur. Bien que le Canada soit l'un des plus grands émetteurs par habitant, les émissions par habitant ont diminué depuis 2005, passant de 24 t d'éq. CO_2/habitant à 17 t d'éq. CO_2/habitant en 2024 (StatCan, s.d. [a])[5].

Ventilation des émissions par secteur (2024)

En 2024, les émissions de GES au Canada étaient de 685 Mt éq. CO_2, sans compter le secteur de l'ATCATF[6]. Le secteur de l'Énergie (composé des Sources de combustion fixes, des Transports et des Sources fugitives) a produit la majeure partie (81 %) des émissions totales de GES au Canada (Figure S–1). Le reste des émissions provenait des secteurs de l'Agriculture et des PIUP, avec l'apport du secteur des Déchets. Lorsqu'elles étaient comprises dans les émissions d'autres secteurs, les émissions du secteur de l'ATCATF correspondaient à 0,6 % du total national de 2024.

Figure S–1 **Ventilation des émissions du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2024)**



Note : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Ventilation des émissions par GES (2024)

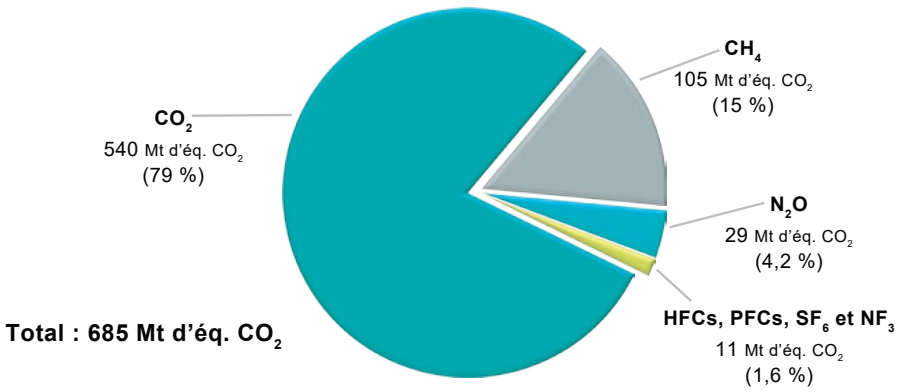
Le profil d'émissions du Canada est semblable à celui de la plupart des pays industrialisés en ce sens que le CO_2 est le GES le plus abondant de l'ensemble des émissions, représentant 540 Mt ou 79 % des émissions totales en 2024, comme illustré par la plus grande part du diagramme à secteur à la Figure S–2. La majeure partie des émissions de CO_2 au Canada provient de l'utilisation de combustibles fossiles. Quant aux émissions de CH_4 en 2024, elles se sont élevées à 105 Mt ou à 15 % des émissions totales au Canada, faisant de ce GES le deuxième en importance. Ses émissions sont principalement composées des émissions fugitives[7] des systèmes de traitement du pétrole et de gaz naturel (46 Mt), de l'agriculture (31 Mt) et des sites d'enfouissement (19 Mt). Pour leur part, les émissions de N_2O représentaient 29 Mt ou 4,2 % des émissions canadiennes en 2024 et provenaient surtout de la gestion des sols agricoles (18 Mt). Enfin, les émissions de gaz de synthèse (HFC, PFC, SF_6 et NF_3) représentaient moins de 2 % des émissions nationales.

5 Les données qui figurent dans l'ensemble du rapport ont été arrondies. Toutefois, tous les calculs (y compris ceux permettant d'obtenir les pourcentages) ont été effectués à l'aide de données non arrondies.

6 À moins d'indications contraires explicites, toutes les estimations d'émission exprimées en Mt représentent les émissions de GES en Mt d'éq. CO_2.

7 Comprend le torchage, l'évacuation et le rejet accidentel de GES lors de l'extraction, du traitement, de la transformation et de la livraison de combustibles fossiles au point d'utilisation final.

Figure S–2 **Ventilation des émissions du Canada par GES (2024)**

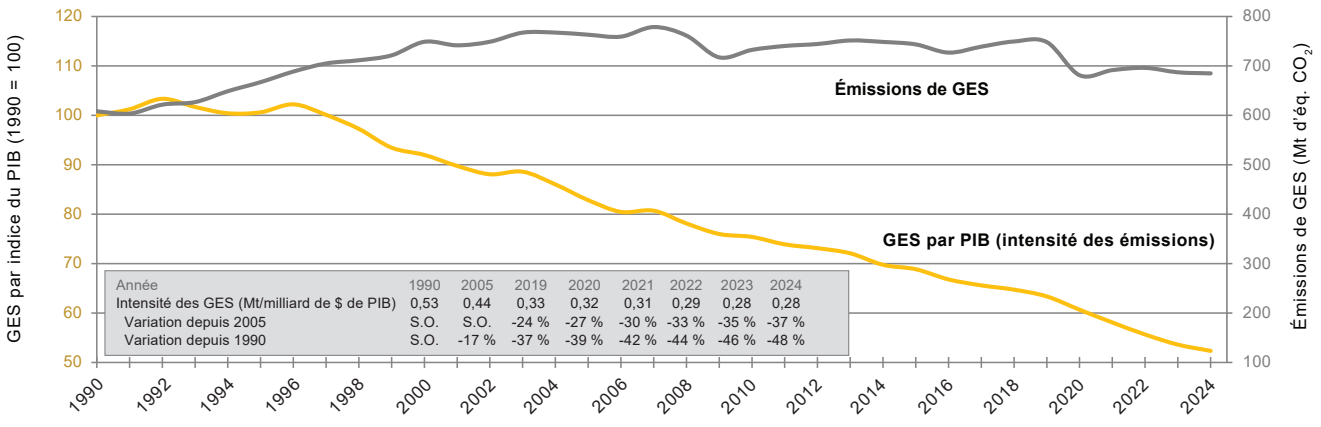


Note : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Changements dans les émissions totales (1990–2024)

Dans l'ensemble, après avoir fluctué ces dernières années, les émissions de GES du Canada en 2024 ont diminué de 78 Mt ou 10 % depuis 2005. En règle générale, ces variations d'une année à l'autre se superposent aux tendances observées sur une période plus longue. Au cours de la période visée par le présent rapport, la croissance de l'économie du Canada a été plus rapide que la croissance de ses émissions de GES. Par conséquent, l'intensité des émissions pour l'ensemble de l'économie (rapport entre les GES et le PIB) a continué de diminuer; en 2024, elle a diminué de 48 % depuis 1990 et de 37 % depuis 2005 (Figure S–3). La baisse de l'intensité des émissions peut être attribuable à des facteurs tels que le remplacement de combustible, les améliorations de l'efficacité, la modernisation des procédés industriels et les changements structurels au sein de l'économie.

Figure S–3 **Émissions de GES et intensité indexée des émissions de GES du Canada (à l'exception du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)**



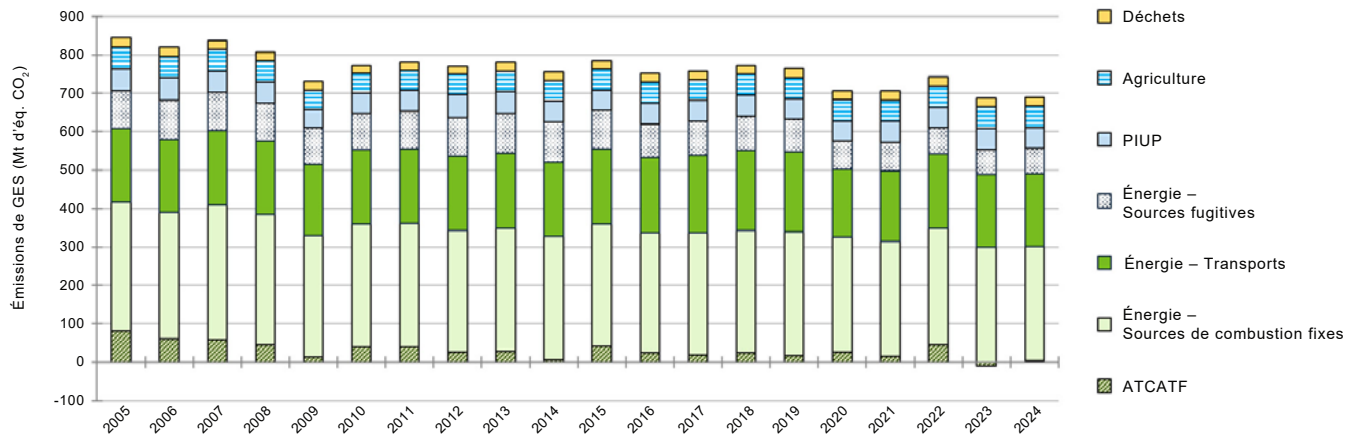
Année	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Intensité des GES (Mt/milliard de $ de PIB)	0,53	0,44	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,28
Variation depuis 2005	S.O.	S.O.	-24 %	-27 %	-30 %	-33 %	-35 %	-37 %
Variation depuis 1990	S.O.	-17 %	-37 %	-39 %	-42 %	-44 %	-46 %	-48 %

Notes :
S.O. = Sans objet
Source des données sur le PIB : StatCan (s.d. [b])

Au cours des dix dernières années (la période de 2015 à 2024), les émissions totales ont diminué de 59 Mt ou 7,9 %. Depuis 2015, les émissions ont diminué de façon significative dans les catégories Pétrole et gaz naturel des Sources fugitives (-33 Mt ou -34 %) et Production d'électricité et de chaleur du secteur public (-25 Mt ou -31 %). Ces diminutions peuvent s'expliquer principalement par une réduction des émissions de méthane provenant des activités du secteur du pétrole et du gaz classique (plus précisément, de la diminution de l'évacuation) ainsi que par l'abandon graduel du charbon pour faire place aux sources renouvelables en production d'électricité. Par ailleurs, de 2015 à 2024, les émissions de combustion de la catégorie Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 12 Mt (12 %), principalement en raison de la production en hausse dans l'exploitation des sables bitumineux au Canada. Les émissions de certaines sources dans les transports se sont accrues, elles aussi, notamment de 6,2 Mt (13 %) dans les Camions légers à essence et de 3,4 Mt (6,8 %) dans les Autres moyens de transport[8]. La hausse dans les Camions légers à essence est liée à l'augmentation du parc de véhicules routiers et hors route, ce qui a mené à une augmentation globale des kilomètres parcourus, alors que la hausse dans la catégorie des Autres moyens de transport coïncide avec le transport accru de gaz naturel dans les pipelines.

Lorsqu'il est question des tendances à long terme des émissions, les phénomènes à grande échelle peuvent influer grandement sur un segment de la série chronologique analysée, donc ils doivent être pris en compte. Les années 2020 et 2021 ont été marquées par la pandémie de COVID-19. Cette pandémie coïncide avec la diminution abrupte de 67 Mt (9,0 %) du total des émissions de GES entre 2019 et 2020, dont près de la moitié provenaient des Transports (-32 Mt ou -15 %). L'année suivante, soit de 2020 à 2021, les émissions ont légèrement augmenté de 10 Mt (1,5 %), tendance qui s'est poursuivie de 2021 à 2022, où les émissions ont augmenté de 4,5 Mt (0,7 %), tout en demeurant inférieures à leur niveau prépandémique de 2019. Finalement, de 2022 à 2024, elles ont diminué de 11 Mt (1,6 %). Les effets de la pandémie, plus marqués en 2020, sont désormais plus difficiles à discerner. Malgré la diminution abrupte entre 2019 et 2020 et les variations des dernières années, la ventilation générale des émissions par secteur du GIEC n'a pas vraiment changé au fil du temps (Figure S–4).

Figure S–4 **Tendances des émissions de GES du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2024)**



S.4. Émissions de GES et tendances par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

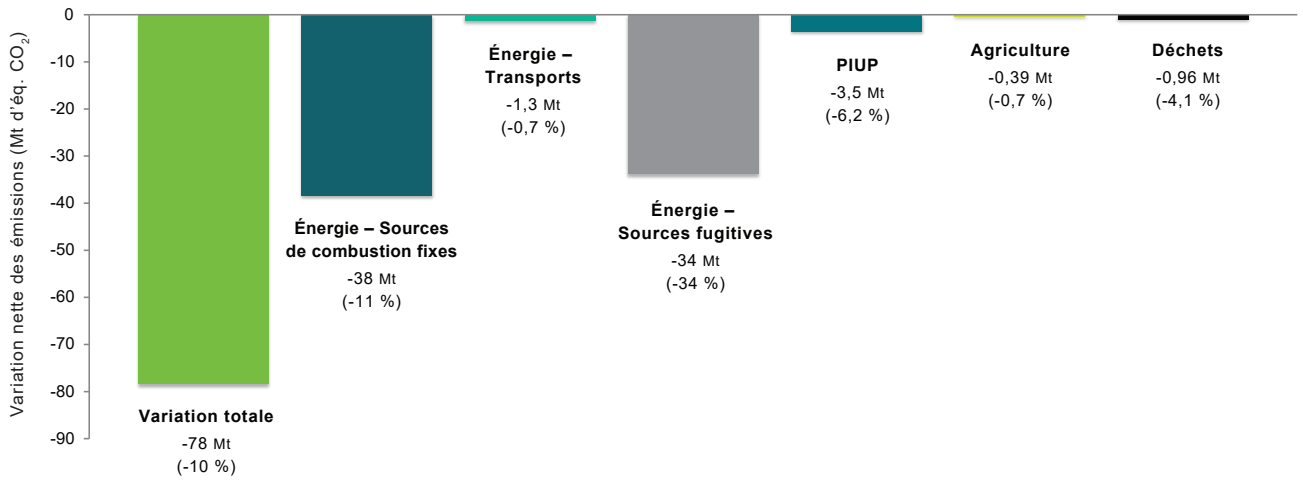
Tendances des émissions (2005 à 2024)

Au cours de la période 2005–2024, les émissions totales ont diminué de 78 Mt ou 10 %, diminution répartie dans tous les secteurs du GIEC. Le secteur de l'Énergie a dominé, ses émissions ayant diminué de 38 Mt (11 %) dans les Sources de combustion fixes, de 34 Mt (34 %) dans les Sources fugitives et de 1,3 Mt (0,7 %) dans le Transport (Tableau S–1). Au cours de la même période, les émissions ont diminué de 3,5 Mt (6,2 %) dans le secteur des PIUP et de 0,96 Mt (4,1 %) dans celui des Déchets. Les émissions du secteur de l'Agriculture sont demeurées relativement stables, enregistrant une diminution de 0,39 Mt (0,7 %) (Figure S–5).

8 Les Autres moyens de transport comprennent la consommation de combustibles par les appareils de combustion mobiles qui ne sont pas autorisés à circuler sur les routes (excluant les émissions biogènes de CO_2 provenant de la consommation d'éthanol et de biodiesel), ainsi que les modes de transport et de distribution du pétrole brut, du gaz naturel, du pétrole raffiné et d'autres produits par pipelines.

De plus amples renseignements sur les tendances des émissions de GES depuis les années 1990 et 2005 et leurs facteurs déterminants se retrouvent au Chapitre 2[9]. D'autres ventilations des émissions ainsi qu'une série chronologique complète sont présentées en ligne à l'adresse : ouvert.canada.ca.

Figure S–5 **Variations des émissions de GES par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2024)**



Énergie – Émissions de GES de 2024 (552 Mt)

En 2024, les émissions de GES produites par le secteur du GIEC de l'Énergie (552 Mt) ont enregistré une diminution de 12 % par rapport à 2005 (626 Mt). Dans le secteur de l'Énergie, les émissions ont augmenté de 46 Mt (73 %) pour l'Extraction de pétrole et de gaz, de 3,6 Mt (7,2 %) pour les Autres moyens de transport, de 1,4 Mt (35 %) pour l'Exploitation minière et extraction en carrière et de 1,3 Mt (57 %) pour l'Agriculture et foresterie. Ces augmentations ont été contrebalancées par une diminution de 65 Mt (53 %) de la Production d'électricité et de chaleur du secteur public, de 34 Mt (34 %) des Sources fugitives, de 8,7 Mt (19 %) des Industries manufacturières, de 8,4 Mt (19 %) de la catégorie Résidentiel, de 5,4 Mt (27 %) des Industries de raffinage du pétrole et de 4,1 Mt (3,3 %) du Transport routier.

Sources de combustion fixes (298 Mt)

De 2005 à 2024, les émissions des sources de combustion fixes de l'Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 46 Mt (73 %), ce qui concorde avec la hausse de 254 % de la production de bitume naturel et de pétrole brut synthétique dans le cadre des activités d'exploitation des sables bitumineux au Canada.

La diminution de la production d'électricité à partir de charbon et de l'utilisation de produits pétroliers raffinés (respectivement de 84 % et 77 %), ainsi que la proportion accrue des sources de production d'électricité à faibles émissions dans la composition des sources de production d'électricité[10] ont été les principaux facteurs à l'origine de la diminution de 65 Mt (53 %) des émissions dues à la Production d'électricité et de chaleur du secteur public entre 2005 et 2024. Depuis 2005, la consommation réduite de combustibles fossiles à forte intensité de GES (le charbon et les produits pétroliers raffinés) représentait 50 % de la diminution des émissions de la Production d'électricité et de chaleur du secteur public. La consommation de combustibles fossiles à forte intensité de GES a considérablement diminué en Ontario (99 %), en Alberta (98 %), au Manitoba (91 %), au Nouveau-Brunswick (58 %), en Nouvelle-Écosse (57 %) et en Saskatchewan (38 %). Les variations des émissions observées pendant la période étudiée sont dues à des changements dans la composition des sources de production d'électricité. Depuis 2005, la production accrue d'électricité à partir de sources à faibles émissions représentait 29 % de la diminution des émissions.

9 Le RIN intégral peut être consulté en ligne à l'adresse : canada.ca/inventaire-ges.

10 La composition des sources de production d'électricité est caractérisée par la quantité de combustible fossile utilisée par rapport à l'hydroélectricité, à d'autres sources d'énergie renouvelable, et à l'énergie nucléaire. En général, seules les sources de combustibles fossiles produisent des émissions de GES nettes.

La diminution des émissions de 8,4 Mt (19 %) de la catégorie Résidentiel entre 2005 et 2024 s'explique en grande partie par les améliorations apportées en matière d'efficacité énergétique, dont des diminutions plus faibles à cause des températures plus chaudes et d'une consommation réduite de mazout léger contrebalancée par une augmentation de la population et de la surface utile.

Les émissions de GES associées à la consommation de combustible dans les Industries manufacturières ont diminué de 8,7 Mt (19 %) entre 2005 et 2024, ce qui concorde avec une baisse de 16 % de la consommation d'énergie (StatCan, s.d. [c]). La diminution a été observée dans les Autres industries manufacturières (-4,1 Mt ou -25 %), les sous-catégories des Pâtes et papiers (-2,8 Mt ou -33 %), du Ciment (-1,7 Mt ou -34 %), des Métaux non ferreux (-0,88 Mt ou -23 %) et de la Sidérurgie (-0,42 Mt ou -8,4 %), par opposition à l'augmentation dans les Produits chimiques (1,2 Mt ou 15 %).

Depuis 2005, une raffinerie de pétrole en Alberta a fermé définitivement (2012), tandis que quatre autres ont été transformées soit en installations terminales, soit en centrales de production d'énergie renouvelable, dont une en Ontario (2005), une au Québec (2010), une en Nouvelle-Écosse (2013) et une à Terre-Neuve-et-Labrador (2020), d'où une diminution de 5,4 Mt (27 %) des émissions des Industries de raffinage du pétrole.

Transports (189 Mt)

Au Canada, les émissions dues au transport sont principalement liées au Transport routier, qui englobe le transport de personnes (véhicules et camions légers) et les véhicules lourds. La hausse générale des tendances dans les émissions du transport routier tout au long de la série chronologique s'explique en grande partie par une augmentation de la conduite de véhicules : davantage de voitures et de camions sur route utilisent davantage de combustibles et produisent ainsi davantage d'émissions, malgré la réduction continue des émissions produites par chaque véhicule. De plus, malgré une réduction du nombre de kilomètres parcourus par véhicule, le nombre total du parc de véhicules en 2024 avait augmenté de 37 % depuis 2005, entraînant dans l'ensemble davantage de kilomètres parcourus. Contribution supplémentaire à l'augmentation du nombre de véhicules-kilomètres parcourus au cours de cette période, le nombre de véhicules légers (c.-à-d. les voitures) au sein du parc de véhicules a diminué, mais le nombre de véhicules lourds a augmenté. Or, ces derniers parcourent en général plus de kilomètres par véhicule.

De 2005 à 2019, les émissions provenant des Transports ont généralement augmenté. De 2019 à 2020, au début de la pandémie de COVID-19, les émissions des Transports ont diminué par rapport aux niveaux de 2005 en raison de la diminution des déplacements en aéronef et en véhicule routier léger. De 2021 à 2024, alors que la demande en déplacements revenait à des niveaux prépandémiques, les émissions des Transports ont augmenté de 4,9 Mt, ce qui les a portées à 1,3 Mt en dessous des niveaux de 2005, et toujours en dessous de ceux de 2019.

Sources fugitives (66 Mt)

Les émissions de Sources fugitives comprennent les émissions attribuables au torchage, à l'évacuation et aux émissions accidentelles associées à la production de combustible fossile (charbon, pétrole et gaz naturel), les émissions de l'industrie pétrolière et gazière représentant en général environ 98 % des émissions fugitives totales au Canada. Depuis 2005, près de 230 000 puits de pétrole et de gaz productifs ont été forés et le nombre annuel de puits producteurs a augmenté de 2 %. De plus, la production de pétrole brut et de gaz naturel a augmenté de 60 %, principalement en raison des sables bitumineux du Canada. Malgré une productivité et une activité accrues, les émissions de Sources fugitives ont diminué de 34 Mt (34 %). Ce résultat comprend une augmentation de 5,6 % de 100 Mt en 2005 jusqu'à un sommet de 105 Mt en 2014. Depuis 2014, les émissions ont diminué de 38 Mt (37 %) surtout en raison des mesures visant à accroître la conservation du gaz naturel (principalement composé de CH_4) et des mesures fédérales et provinciales visant à réduire les émissions de méthane de l'industrie pétrolière et gazière en amont. Cette réduction des émissions qui coïncide avec l'augmentation de la production met en lumière la réduction de l'intensité des émissions qui a été obtenue (voir le Chapitre 2 pour des précisions).

Transport et stockage du CO_2 (0,65 kt)

Le captage du carbone comprend le captage de CO_2 anthropique provenant de procédés industriels ou de sources d'utilisation de combustible. Le CO_2 capté est transporté vers une installation de stockage à long terme ou un site de récupération assistée des hydrocarbures (RAH) où il est injecté. L'injection dans des installations de stockage à long terme a commencé en 2015; en 2024, environ 1,0 Mt de CO_2 capté a été placé dans des formations géologiques pour le stockage à long terme. L'utilisation du CO_2 industriel capté par les sites de RAH a commencé en 2000; en 2024, environ 3,3 Mt de CO_2 capté ont été injectées pour faciliter les activités de RAH, desquelles environ 870 kt ont été importées des États-Unis. À la fin de l'année 2024, un total cumulatif de 10,4 Mt de CO_2 capté ont été placées dans des installations de stockage à long terme et 58,3 Mt, injectées dans des sites de RAH.

Vu l'augmentation de l'activité associée à cette catégorie, les émissions fugitives du captage, de l'utilisation et du stockage du CO_2 ont augmenté, passant de 0,09 kt en 2005 à 0,65 kt en 2024. Pour de plus amples renseignements sur les volumes de captage et de stockage du carbone et les émissions associées, consulter la section 3.4 du Chapitre 3.

Procédés industriels et utilisations des produits – Émissions de GES de 2024 (53 Mt)

Le secteur des PIUP englobe les émissions de GES non liées à l'énergie qui sont issues de procédés de fabrication et de l'utilisation des produits, comme la calcination du calcaire dans la production de ciment et l'utilisation de HFC et de PFC comme réfrigérants pour remplacer des substances appauvrissant l'ozone (SAO). Les émissions du secteur des PIUP ont contribué à hauteur de 53 Mt (7,8 %) aux émissions du Canada en 2024.

Entre 2005 et 2024, les émissions des procédés de la plupart des catégories du secteur des PIUP ont diminué. La production de ciment et de chaux a diminué et plusieurs installations ont fermé ou ralenti pour une durée indéterminée, ce qui a contribué à une diminution des émissions de 1,3 Mt (13 %). Les émissions de l'Industrie sidérurgique ont baissé de 1,3 Mt (12 %) pendant cette période en raison de la fermeture d'une installation en 2013. L'Industrie de l'aluminium a également connu une diminution de ses émissions liées aux procédés de 2,3 Mt (28 %), en grande partie due à la mise en application d'améliorations et à l'arrêt des activités des vieilles fonderies faisant appel à la technologie Søderberg. La fermeture d'usines de production primaire de magnésium en 2007 et en 2008 représentait également 1,1 Mt (79 %) de la diminution globale. La fermeture en 2009 de l'unique usine canadienne d'acide adipique, située en Ontario, a entraîné une autre diminution de 2,3 Mt (100 %).

Une exception notable à la diminution globale des émissions des PIUP de 4,9 Mt (101 %) a été l'augmentation des émissions dues à l'utilisation de HFC pour remplacer les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) depuis 2005. Cependant, depuis 2018, les émissions de HFC ont diminué de 2,0 Mt (17 %), principalement en raison d'une baisse des importations de HFC, ce qui coïncide avec la mise en application de la réglementation fédérale exigeant l'abandon progressif des HFC[11].

Agriculture – Émissions de GES de 2024 (56 Mt)

Le secteur de l'Agriculture englobe les émissions de GES non attribuables à la production d'énergie, mais liées à la production végétale et à l'élevage de bétail. En 2024, les émissions associées à l'Agriculture ont représenté 56 Mt, ou 8,2 % des émissions totales de GES au Canada, dont respectivement 30 % et 76 % des émissions nationales de CH_4 et de N_2O.

Les principaux facteurs influant sur la tendance des émissions dans le secteur de l'Agriculture sont les variations des cheptels d'animaux d'élevage et l'application d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles, surtout dans les Prairies. Depuis 2005, l'utilisation d'engrais a augmenté de 108 %, tandis que les principaux cheptels d'animaux d'élevage, qui étaient à leur maximum en 2005, ont alors diminué de façon marquée jusqu'en 2011. Conséquemment, les émissions de 2024 sont à peu près au même niveau qu'en 2005, bien que la contribution des émissions provenant du secteur de la production agricole ait augmenté par rapport à celles attribuées au bétail. En 2024, les émissions associées à la consommation d'aliments et au processus de digestion (fermentation entérique) du bétail représentaient 47 % des émissions agricoles totales, et l'application d'engrais azotés inorganiques, 19 %.

Déchets – Émissions de GES de 2024 (23 Mt)

Le secteur des Déchets comprend les émissions de GES provenant du traitement et de l'évacuation des déchets liquides et solides. Les émissions provenant des Déchets représentaient 23 Mt (3,3 %) des émissions totales du Canada en 2024.

Dans le secteur des Déchets en 2024, les sources principales d'émissions étaient les Sites d'enfouissement (19 Mt soit 85 % des émissions totales de ce secteur), dont les sites d'enfouissement pour les déchets solides municipaux (DSM) et l'élimination des déchets de bois industriels. Le Traitement et rejet des eaux usées représentait 2,6 Mt (12 %) des émissions du secteur des Déchets. Les autres sources comprenaient le Traitement biologique des déchets solides (compostage), responsable de 2,7 % des émissions, et l'Incinération et la combustion à l'air libre de déchets, responsable de 0,7 % des émissions.

Entre 2005 et 2024, les émissions en éq. CO_2 provenant des sites d'enfouissement de DSM ont diminué de 6,0 %. Sur les 33 Mt d'éq. CO_2 de CH_4 générées par les sites d'enfouissement de DSM en 2024, 18 Mt d'éq. CO_2 (56 %) étaient rejetées dans l'atmosphère, tandis que 12 Mt d'éq. CO_2 (37 %) étaient captées par des systèmes de collecte de gaz d'enfouissement et torchées ou utilisées pour produire de l'énergie (comparativement à 30 % en 2005). Les 2,0 Mt (6,2 %) restantes sont présumées être oxydées par le matériel de couverture des sites d'enfouissement.

11 Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* : https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2016-137/.

La contribution clé des données déclarées par les installations aux émissions estimatives de GES

Les émissions estimatives de gaz à effet de serre associées à l'activité industrielle au Canada reposent en grande partie sur les données déclarées par les installations aux gouvernements provinciaux, territoriaux et fédéral.

Depuis 2004, le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) recueille et publie annuellement l'information sur les émissions de GES déclarées par les installations. Par exemple, les émissions issues des procédés industriels, déclarées au PDGES, sont directement intégrées au secteur des PIUP du RIN pour la production de ciment, de chaux, d'aluminium et de magnésium, de même que les volumes de CO_2 captés, transportés, injectés et stockés dans des réservoirs géologiques. De plus, les données sur le torchage déclarées par les raffineries de pétrole sont intégrées au RIN, et les données à l'échelle des installations déclarées au PDGES par les exploitants de sables bitumineux servent à faciliter la ventilation des estimations d'émissions imputables au pétrole et au gaz. Les émissions attribuables à l'incinération des déchets et aux eaux usées industrielles sont également incluses directement dans le RIN. Des travaux sont en cours pour intégrer davantage de données déclarées par les installations à l'Inventaire national des GES. Les spécifications techniques du combustible industriel et des matières premières déclarées au PDGES sont également utilisées pour vérifier et améliorer la qualité des estimations des émissions issues de procédés industriels. De plus amples renseignements sur l'utilisation des données du PDGES sont fournis dans le Tableau 1–6 du Chapitre 1.

Le bilan énergétique national compilé par Statistique Canada présente tous les ans la disponibilité et l'écoulement de l'énergie, par région, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (consulter l'Annexe 4 pour obtenir de plus amples détails). Le bilan énergétique national, en grande partie basé sur les données relatives aux installations collectées par Statistique Canada, est la principale source de données utilisée pour estimer les émissions issues de la combustion de carburants du chauffage des locaux à la production d'électricité, ainsi que des activités industrielles, de fabrication et de transport. Statistique Canada recueille également des données déclarées par les installations au nom d'ECCC sur la production de produits chimiques et pétrochimiques.

Les estimations de l'inventaire pour les émissions fugitives dans le secteur pétrolier et gazier en amont au Canada reposent en grande partie sur les données volumétriques déclarées par des installations pétrolières et gazières individuelles à Petrinex, dont les activités sont régies par une structure de gouvernance État-industrie, pour les provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan, de la Colombie-Britannique et du Manitoba. Ces données sont également utilisées pour évaluer et recueillir des redevances et orienter la réglementation et la législation provinciale.

Enfin, d'autres données sur les activités sont également recueillies auprès de fournisseurs au moyen des rapports exigés par la loi sur l'importation et l'exportation d'hydrofluorocarbure (HFC) ainsi que par l'entremise d'enquêtes périodiques ciblées sur l'utilisation de gaz fluorés, la récupération des gaz d'enfouissement, l'incinération, la récupération du méthane des eaux usées, le compostage et la digestion anaérobie.

Les experts de l'inventaire travaillent avec diligence avec des fournisseurs de données industrielles et d'autres données sur les activités pour assurer l'exactitude, l'uniformité et l'exhaustivité des données déclarées et leur harmonisation avec les exigences en matière de déclaration de l'inventaire.

Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie – 2024 (source nette de GES de 4,4 Mt)

Le secteur de l'ATCATF inclut les flux anthropiques de GES entre l'atmosphère et les terres aménagées au Canada, y compris ceux associés au changement d'affectation des terres et les flux de carbone provenant de la production et de l'utilisation des Produits ligneux récoltés (PLR), qui sont étroitement liés aux Terres forestières.

Dans ce secteur, le flux net est calculé comme étant la somme des quantités de CO_2 et d'autres gaz émises dans l'atmosphère et des quantités de CO_2 absorbées de l'atmosphère. En 2024, ce flux net correspondait à une source nette de 4,4 Mt.

Au cours des dernières années, les flux nets du secteur de l'ATCATF ont fluctué entre des absorptions nettes de 8,7 Mt en 2023 et des émissions nettes de 81 Mt en 2005. Les variations sont principalement attribuables à la variabilité des rendements des cultures ainsi qu'à une variation du stockage du carbone dans les PLR et des émissions et absorptions sur les Terres forestières, qui sont étroitement liées aux taux de récolte forestière.

Les estimations relatives au secteur forestier sont réparties entre les émissions et les absorptions d'origine anthropique associées à l'aménagement forestier ainsi que les émissions et les absorptions découlant des cycles naturels de perturbations (feux de forêt et insectes) dans les forêts aménagées. Les flux nets combinés des Terres forestières et des PLR ont fluctué, passant d'une source nette de 90 Mt en 2005 à un puits net de 1,0 Mt en 2024, attribuable à une diminution des taux de

récolte et aux effets à long terme des perturbations passées (d'origine naturelle ou anthropique) sur la structure globale des âges des forêts aménagées du Canada. En 2024, 0,63 Mt d'éq. CO_2 de carbone de plus ont été séquestrées dans le réservoir global de PLR provenant des forêts canadiennes. Toutefois, 64 % du carbone du réservoir de PLR, qui a été éliminé ou consommé sous forme de bioénergie, a été associé à des produits de courte durée de vie.

Pour la plupart des années, les Terres cultivées ont contribué aux absorptions nettes, qui variaient de 1,9 Mt (1991) à 40 Mt (2014). Les émissions nettes ont été produites en raison des sécheresses qui ont sévi ces dernières années, plus précisément en 2002, en 2003 et en 2022, qui ont donné lieu à des rendements faibles et, par conséquent, à une perte de carbone des sols, les taux de décomposition étant alors plus élevés que les taux d'apport de carbone aux sols. Les absorptions nettes ont augmenté, en moyenne, par suite de l'amélioration des pratiques de gestion des sols, notamment les pratiques de conservation des sols, et d'une augmentation graduelle globale de la productivité des cultures découlant de pratiques améliorées et plus intensives, comme la diminution du recours à la jachère. La variabilité interannuelle est élevée tout au long de la série chronologique, compte tenu des effets liés aux conditions météorologiques sur la production des cultures. Depuis 2005, une diminution des absorptions nettes résultant d'une diminution du couvert pérenne des terres a en grande partie contrebalancé les absorptions découlant de l'augmentation des rendements, d'où l'absence d'une tendance claire.

La conversion de forêts à d'autres affectations est une pratique courante au Canada et est due à l'extraction de ressources et à l'accroissement de la superficie des terres cultivées. Les émissions découlant de la conversion de forêts dans les années de 2005 à 2024 ont fluctué annuellement autour de 20 Mt, atteignant un minimum en 2010.

Utilisation des mesures aériennes pour améliorer les estimations de l'inventaire

Conformément aux MPL et aux directives du GIEC sur la préparation d'inventaires nationaux, les méthodes d'inventaire reposent sur la compréhension et la quantification des émissions et des absorptions par catégories de source individuelles et de gaz à effet de serre. Cette approche est généralement dite « ascendante ».

D'autres approches pour estimer les émissions ont récemment émergé, fondées sur la modélisation des émissions et des absorptions de GES calculées à l'aide des mesures des concentrations de gaz atmosphériques. Ces approches sont appelées « descendantes ». Les technologies de mesure servant à établir les inventaires « descendants » varient grandement, qu'il s'agisse de satellites, de petits aéronefs, de drones, de tours ou de véhicules terrestres, chacune ayant ses avantages et ses limites techniques à considérer. La Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (Vol. 1, chap. 6) donne des directives sur l'utilisation des estimations « descendantes » pour valider les estimations d'inventaire et améliorer leur exactitude (GIEC, 2019).

Même si des écarts dans les résultats des approches « ascendantes » et « descendantes » (p. ex., Chan et al., 2020; MacKay et al., 2021; Conrad et al. 2023a; MacKay et al., 2024) sont inévitables en raison des différences dans les méthodes, les sources de données, le degré de précision et d'autres facteurs de confusion, les récents progrès obtenus dans les techniques de mesures ont permis de créer des inventaires des émissions de méthane de source déterminée fondés sur des mesures aériennes pour les provinces les plus productrices de pétrole et de gaz au Canada (Johnson et al., 2023; Conrad et al., 2023 a, b).

Ces inventaires fondés sur des mesures aériennes ont été partiellement pris en compte dans le présent inventaire, améliorant ainsi la précision des estimations sur les émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier au Canada. Consulter l'Annexe 3.2, à la section A3.2.2.1.5 pour de plus amples renseignements sur la méthodologie utilisée pour prendre en compte les mesures aériennes dans les estimations de l'inventaire. ECCC continue de collaborer avec des chercheurs pour améliorer la coordination des méthodes d'inventaire « ascendantes » et des mesures à distance avec l'objectif de rendre les valeurs estimatives des inventaires encore plus précises dans les futures éditions de ce rapport. Les progrès dans la conciliation des estimations « descendantes » et « ascendantes » pourraient également entraîner des améliorations dans d'autres secteurs d'inventaire, comme les déchets et l'agriculture.

Tableau S–1 Émissions de GES du Canada, par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, certaines années

Catégories de GES		Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)						
		2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TOTAL[a, b]		**763**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**
ÉNERGIE		**626**	**616**	**549**	**558**	**563**	**554**	**552**
a.	**Sources de combustion fixes**	**336**	**322**	**299**	**300**	**303**	**298**	**298**
	Production d'électricité et de chaleur du secteur public	123	70	62	62	58	59	57
	Industries de raffinage du pétrole	20	15	14	14	15	14	15
	Extraction de pétrole et de gaz	63	105	101	104	105	106	109
	Production de charbon	0,36	0,55	0,45	0,52	0,52	0,56	0,53
	Fabrication de biocombustibles	0,15	1,0	0,84	0,80	0,77	0,79	0,81
	Exploitation minière et extraction en carrière	3,9	5,4	4,9	5,3	5,8	5,2	5,3
	Industries manufacturières	47	42	39	39	40	39	38
	Construction	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,6
	Commercial et institutionnel	32	38	35	33	35	33	32
	Résidentiel	43	41	38	37	39	35	35
	Agriculture et foresterie	2,2	3,3	3,1	3,2	3,3	3,2	3,4
b.	**Transports**	**190**	**208**	**176**	**184**	**192**	**190**	**189**
	Transport aérien	7,7	8,6	4,7	5,6	7,7	8,4	8,1
	Transport routier	122	132	111	116	120	119	118
	Transport ferroviaire	6,5	6,5	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8
	Transport maritime	4,0	4,0	3,8	2,9	3,3	3,3	3,4
	Autres moyens de transport	50	57	50	53	55	53	53
c.	**Sources fugitives**	**100**	**85**	**74**	**74**	**68**	**66**	**66**
	Exploitation de la houille	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,6	1,4
	Pétrole et gaz naturel	98	84	72	73	67	64	65
d.	**Transport et stockage du CO_2**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS		**57**	**54**	**52**	**54**	**53**	**55**	**53**
a.	**Produits minéraux**	**10**	**8,9**	**8,3**	**9,0**	**8,4**	**8,9**	**8,5**
b.	**Industrie chimique**	**10**	**6,2**	**5,9**	**5,7**	**5,7**	**5,6**	**5,6**
c.	**Production de métaux**	**21**	**16**	**15**	**16**	**16**	**17**	**16**
d.	**Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3**	**4,8**	**12**	**11**	**11**	**11**	**10**	**10**
e.	**Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant**	**10**	**11**	**11**	**12**	**12**	**13**	**12**
f.	**Fabrication et utilisation d'autres produits**	**0,51**	**0,62**	**0,66**	**0,66**	**0,61**	**0,65**	**0,68**
AGRICULTURE		**57**	**55**	**57**	**56**	**56**	**55**	**56**
a.	**Fermentation entérique**	**35**	**27**	**27**	**27**	**27**	**26**	**26**
b.	**Gestion des fumiers**	**9,0**	**8,3**	**8,3**	**8,3**	**8,2**	**8,1**	**8,2**
c.	**Sols agricoles**	**12**	**17**	**18**	**17**	**18**	**18**	**18**
d.	**Incinération des résidus agricoles dans les champs**	**0,05**	**0,05**	**0,06**	**0,04**	**0,05**	**0,05**	**0,05**
e.	**Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés**	**1,4**	**2,7**	**3,0**	**3,1**	**2,8**	**3,1**	**3,4**
DÉCHETS		**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**
a.	**Sites d'enfouissement**	**21**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**19**
b.	**Traitement biologique des déchets solides**	**0,33**	**0,50**	**0,51**	**0,60**	**0,61**	**0,61**	**0,61**
c.	**Incinération et combustion à l'air libre de déchets**	**0,35**	**0,17**	**0,16**	**0,15**	**0,17**	**0,16**	**0,15**
d.	**Traitement et rejet des eaux usées**	**2,2**	**2,6**	**2,6**	**2,5**	**2,5**	**2,6**	**2,6**
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		**81**	**16**	**26**	**14**	**46**	**- 8,7**	**4,3**
a.	**Terres forestières**	**145**	**36**	**36**	**29**	**15**	**1,3**	**- 1,2**
b.	**Terres cultivées**	**- 20**	**- 12**	**- 10**	**- 14**	**24**	**- 21**	**- 3,6**
c.	**Prairies**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
d.	**Terres humides**	**7,0**	**5,6**	**5,6**	**6,0**	**5,7**	**5,5**	**5,4**
e.	**Établissements**	**5,1**	**5,0**	**4,7**	**4,6**	**4,5**	**4,6**	**4,3**
f.	**Produits ligneux récoltés**	**- 57**	**- 18**	**- 10**	**- 11**	**- 3,0**	**0,73**	**- 0,63**

Notes :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
Une valeur de 0,00 indique que les émissions ont été tronquées parce qu'elles ont été arrondies.
a. Les totaux nationaux présentés dans ce tableau excluent toutes les émissions et absorptions déclarées dans le secteur ATCATF.
b. Ces données sommaires sont présentées en détail à ouvert.canada.ca.

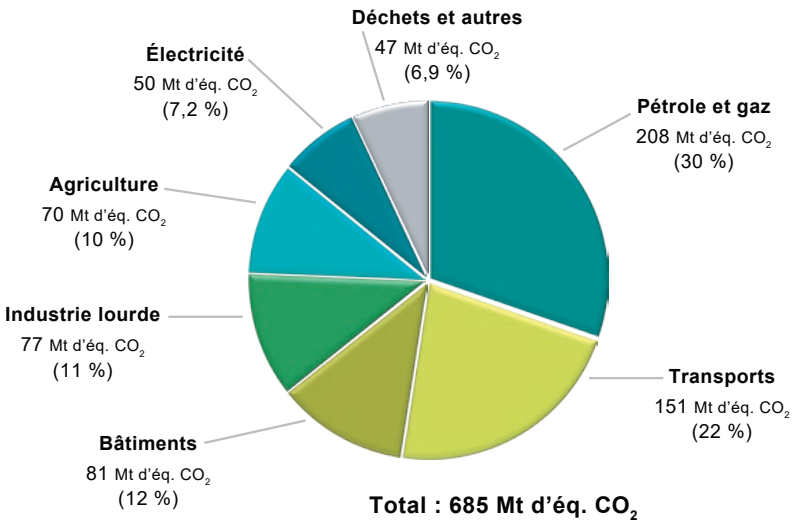
S.5. Secteurs économiques canadiens

À des fins d'analyse des tendances et des politiques économiques et outre ce qui est requis par les exigences de déclaration de l'inventaire, les émissions sont réparties en fonction du secteur économique d'où elles proviennent. En général, le profil complet des émissions d'un secteur économique choisi a été déterminé par la redistribution de la portion relative des émissions associées aux différentes sous-catégories du GIEC. Par exemple, les émissions associées à l'industrie du pétrole et du gaz sont présentes dans les sous-secteurs du GIEC suivants : Sources de combustion fixes, Transports, Sources fugitives et Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant, et sont combinées dans le secteur économique Pétrole et gaz. Cette redistribution permet simplement de reclasser les émissions dans différentes catégories; elle ne change en rien l'ampleur globale des estimations d'émission canadiennes.

En général, les tendances des émissions de GES dans les secteurs économiques du Canada concordent avec celles décrites pour des secteurs similaires du GIEC (Figure S–6). Les tendances du profil d'émissions du Canada entre 2005 et 2024 ont été les plus notables dans les sources Électricité et Pétrole et gaz, l'Électricité diminuant de 66 Mt et le Pétrole et gaz augmentant de 10 Mt. Pendant la même période, outre la source Pétrole et gaz, l'Agriculture est le seul secteur dans lequel les émissions ont augmenté (Tableau S–2). Les tendances des émissions dans la source Pétrole et gaz sont principalement attribuables à l'accroissement de la production dans l'exploitation des sables bitumineux au Canada (59 Mt), hausse contrebalancée par des réductions des émissions de méthane provenant des activités du secteur pétrolier et gazier classique (-43 Mt). Les émissions de la source Électricité ont diminué en raison de l'abandon progressif de la production d'électricité à partir de charbon. Les émissions de l'Industrie lourde, des Déchets et autres et des Bâtiments ont également diminué pendant cette période. De 2005 à 2020, les émissions des Transports ont généralement augmenté. Plus précisément, après une baisse notable en 2020, elles ont augmenté pour ensuite se stabiliser à des niveaux inférieurs à ceux de 2005.

Pour plus de renseignements sur les tendances par secteurs économiques, se reporter au Chapitre 2, section 2.4. Pour les définitions des secteurs du GIEC et des secteurs économiques, voir le Chapitre 1. Un tableau de concordances détaillées entre les deux types de secteurs se trouve dans les fichiers de données nationales sur les GES par secteur économique sur ouvert.canada.ca.

Figure S–6 **Répartition des émissions de GES du Canada par secteur économique (2024)**



Note : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau S–2 **Émissions de GES du Canada par secteur économique, certaines années**

Secteurs économiques	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)							Variation (Mt d'éq. CO_2)	Variation (%)
	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2005–2024	2005–2024
TOTAL NATIONAL	**763**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**	**-78**	**-10 %**
Pétrole et gaz	198	223	203	209	206	204	208	10	5,1 %
Électricité	116	62	54	52	49	51	50	-66	-57 %
Transports	156	169	141	147	153	152	151	-4,8	-3,1 %
Industrie lourde	89	80	77	79	80	79	77	-11	-13 %
Bâtiments	85	94	88	85	88	83	81	-3,3	-3,8 %
Agriculture	66	69	70	70	70	69	70	3,6	5,4 %
Déchets et autres	54	51	48	49	50	49	47	-6,4	-12 %

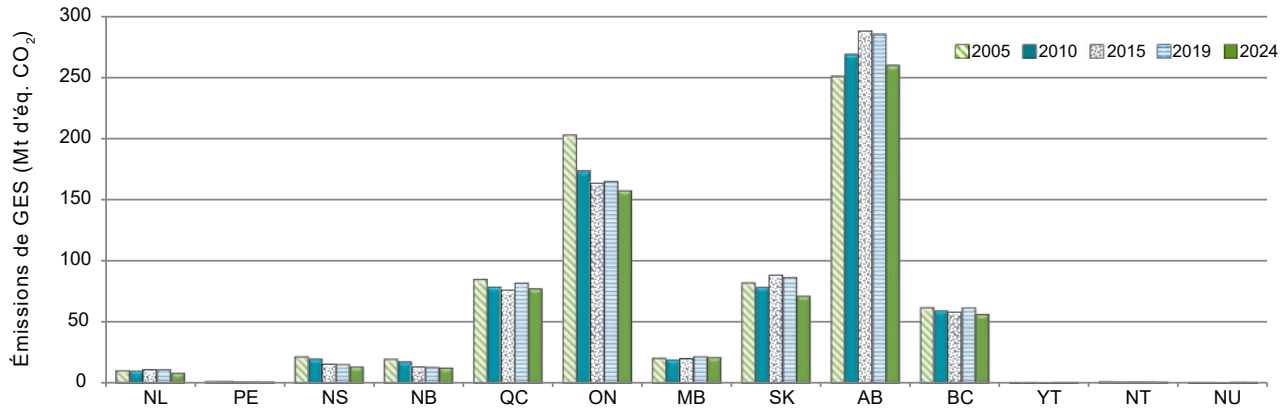
Notes :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
Détails supplémentaires dans la section 2.4 du Chapitre 2.

S.6. Émissions de GES des provinces et des territoires

Les émissions varient grandement d'une province ou d'un territoire à l'autre en raison de facteurs comme la démographie, les sources d'énergie et la structure économique. Toute chose étant égale par ailleurs, dans les économies axées sur l'extraction des ressources, les niveaux des émissions ont tendance à être plus élevés que dans les économies axées sur les services. Dans un même ordre d'idée, les émissions de GES des provinces qui dépendent des combustibles fossiles pour la production d'électricité sont relativement supérieures à celles des provinces qui utilisent l'hydroélectricité (Figure S–7).

Historiquement, les provinces de l'Alberta et de l'Ontario sont les plus grandes émettrices de GES, représentant respectivement 38 % et 23 % du total national en 2024. Depuis 2005, les profils d'émissions de ces deux provinces ont divergé. Les émissions en Alberta ont augmenté de 9,0 Mt (3,6 %) depuis 2005, en raison surtout de l'accroissement des opérations pétrolières et gazières), contrebalancées par la fermeture de centrales électriques au charbon. En revanche, les émissions en Ontario ont diminué de 46 Mt (22 %) depuis 2005, en grande partie grâce à la fermeture des centrales électriques alimentées au charbon. Dans l'ensemble, les émissions ont diminué dans huit provinces et un territoire entre 2005 et 2024, tandis que les émissions de deux provinces et de deux territoires ont augmenté (Tableau S–3).

Figure S–7 **Émissions par province et territoire en 2005, 2010, 2015, 2019 et 2024**



Note : L'année 2019 est incluse et 2020, exclue, car une diminution importante a eu lieu durant la première année de la pandémie, diminution non représentative des tendances des émissions de la série chronologique.

Tableau S–3 **Émissions de gaz à effet de serre par province et territoire, certaines années**

Province et territoire	Totaux des émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)									Variation (Mt d'éq. CO_2)	Variation (%)
	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2005–2024	2005–2024
CANADA	**763**	**732**	**743**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**	**-78**	**-10 %**
NL	11	10	11	11	9,1	8,2	8,3	8,1	8,6	-2,1	-19 %
PE	1,9	1,8	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	-0,40	-21 %
NS	22	20	16	16	14	14	14	13	14	-8,3	-38 %
NB	20	18	14	13	11	12	13	11	13	-7,2	-36 %
QC	85	79	77	82	75	78	79	78	78	-7,8	-9,1 %
ON	203	174	164	165	149	152	158	160	158	-46	-22 %
MB	21	19	21	22	21	21	22	21	21	0,56	2,7 %
SK	83	79	89	87	75	77	75	73	72	-11	-13 %
AB	251	269	289	285	265	267	262	260	260	9,0	3,6 %
BC	62	59	58	62	58	59	60	58	57	-5,6	-9,1 %
YT	0,56	0,65	0,53	0,69	0,59	0,65	0,66	0,67	0,72	0,16	28 %
NT	1,7	1,5	1,6	1,4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	-0,37	-22 %
NU	0,64	0,65	0,69	0,90	0,78	0,83	0,84	0,88	0,93	0,28	44 %

Note :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

S.7. Analyse des catégories clés

Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) définissent les procédures à suivre pour choisir les méthodes d'estimation et déterminer celles qui conviennent le mieux au contexte national, compte tenu des connaissances et des ressources accessibles. La recherche et la hiérarchisation des améliorations méthodologiques sont une bonne pratique que l'établissement de catégories clés peut faciliter, optimisant ainsi l'utilisation des ressources. Cette analyse annuelle est requise par les MPL. Les catégories clés sont placées par ordre de priorité parce qu'elles influent de façon importante sur le total national, en matière de niveau d'émissions absolu ou d'analyse des tendances, ou les deux. En ce qui concerne l'inventaire des GES de 1990 à 2024, les évaluations des niveaux et des tendances dans les catégories clés ont été réalisées conformément à l'approche de Niveau 1 (GIEC, 2006).

Les catégories qui influent le plus sur la tendance nationale (excluant l'ATCATF) sont les suivantes :

1. Utilisation de combustibles : Industries énergétiques – Combustibles gazeux, CO_2
2. Utilisation de combustibles : Industries énergétiques – Combustibles solides, CO_2
3. Utilisation de combustibles : Transport – Transport routier, CO_2

Les catégories qui influent le plus sur la tendance nationale (y compris l'ATCATF) sont les suivantes :

1. Utilisation de combustibles : Industries énergétiques – Combustibles gazeux, CO_2
2. ATCATF : Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, CO_2
3. Utilisation de combustibles : Industries énergétiques – Combustibles solides, CO_2

Pour des précisions et des résultats sur les évaluations des niveaux et des tendances dans les catégories clés, consulter l'Annexe 1 du présent rapport.

S.8. Améliorations apportées à l'inventaire

L'amélioration continue fait partie des bonnes pratiques en matière de préparation d'inventaire (GIEC, 2006) et est essentielle pour veiller à ce que les estimations de l'inventaire du Canada soient fondées sur les meilleures données scientifiques possibles. Le recalcul des estimations de l'inventaire découle souvent d'une partie des activités d'amélioration continue de l'inventaire, notamment l'amélioration des méthodes, les mises à jour des données sur les activités, l'ajout de catégories non prises en compte antérieurement, la correction des erreurs ou la conformité aux recommandations découlant des examens menés par la CCNUCC. ECCC consulte des experts d'organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux, l'industrie, le milieu universitaire, les établissements de recherche et des consultants et travaille de façon continue avec eux pour améliorer la qualité de l'inventaire. Une meilleure compréhension et des données plus précises ou plus complètes permettent d'élaborer et d'intégrer des méthodes plus précises. Les améliorations mises en place dans la méthodologie entraînent des recalculs des estimations antérieures afin que les tendances des émissions et des absorptions soient cohérentes et à jour.

L'édition 2026 de l'inventaire des GES comporte d'importantes améliorations méthodologiques dans l'estimation des multiples sources d'émissions. Entre autres, le Transport a fait l'objet d'améliorations en ce qui a trait au calcul du pourcentage de combustibles renouvelables utilisés dans les véhicules sur route et hors route, à essence et à moteur diesel. En outre, dans le modèle relatif aux émissions fugitives, des paramètres importants ont fait l'objet d'une révision pour mieux refléter les exigences quant à la détection et la réparation des fuites (DERF) en vertu des lois sur le méthane en Alberta. De plus, une nouvelle méthode propre au pays a été mise en place pour estimer les émissions et les absorptions associées à la gestion des terres humides et au changement d'affectation des terres liées aux activités pétrolières et gazières dans la région des sables bitumineux en Alberta. Enfin, de nouvelles sources d'émissions ont été intégrées à l'inventaire 2026 des GES, dont le bouletage du minerai de fer et les émissions de méthane issues des Terres inondées. Dans l'ensemble, sans le secteur de l'ATCATF, les recalculs ont entraîné des variations de 4,3 Mt en 2005 et de -7,0 Mt en 2023. Les méthodes améliorées tiennent compte des études et des connaissances propres au Canada, adoptent les données sur les activités les plus à jour et reflètent davantage les technologies évolutives et les pratiques de l'industrie. Le Chapitre 8 du présent rapport fournit de plus amples précisions sur l'incidence des améliorations à l'inventaire actuel sur les tendances globales des émissions.

D'autres améliorations aux estimations de l'inventaire sont prévues dans les futures éditions de ce rapport. Par exemple, dans le secteur l'Énergie pour les Transports, la migration vers le modèle MOtor Vehicle Emission Simulator 5 (MOVES5) de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis est prévue. Toujours en lien avec le secteur de l'Énergie, un terminal d'exportation de gaz naturel liquéfié exploité par LNG Canada est entré en service en 2025. Dans ce nouveau segment de l'industrie pétrolière et gazière canadienne, il est prévu d'établir les émissions de combustion et les émissions fugitives. Dans le secteur de l'ATCATF, les améliorations prévues sont le suivi des émissions et des absorptions attribuables au drainage des terres à des fins agricoles, une meilleure estimation de la biomasse ligneuse par un groupement selon l'âge et l'essence, l'intégration des effets du travail du sol et du rendement des récoltes sur les estimations de carbone organique du sol et la révision des estimations de croissance des arbres en milieu urbain. Pour des précisions sur les améliorations prévues et la liste complète de tous les secteurs, consulter le Chapitre 8. Pour des précisions sur les améliorations prévues des méthodes liées aux Forêts de l'ATCATF, consulter le *Plan d'amélioration pour les estimations des émissions de gaz à effet de serre des forêts et des produits ligneux récoltés*.

S.9. Dispositions prises relativement à l'inventaire national

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) est l'unique entité nationale responsable de la préparation et de la présentation à la CCNUCC de l'inventaire national de GES ainsi que de la gestion des processus et procédures de soutien.

Les dispositions de l'inventaire pour la préparation de l'inventaire reposent notamment sur des dispositions institutionnelles officielles concernant la collecte des données et le calcul des estimations; un système de gestion de la qualité comprenant une procédure de changement de méthode pour faire réviser par les pairs et approuver les améliorations prévues; la définition des catégories clés et la production d'une analyse d'incertitude quantitative; un processus de recalcul et de suivi des recalculs à la suite des améliorations et des mises à jour des données sur les activités; des procédures pour une révision par les pairs et une approbation officielle; un système d'archivage. Les informations en ce qui concerne les dispositions relatives à l'inventaire national sont présentées dans le Chapitre 1.

Structure de la soumission

Conformément aux MPL, la soumission annuelle de l'inventaire officiel des GES du Canada est composée du RIN et des TCD. Les TCD sont une série de tableaux de données normalisées essentiellement quantitatives. Le RIN contient les renseignements à l'appui des TCD, y compris une description exhaustive des méthodes utilisées pour compiler l'inventaire, les sources de données, les dispositions institutionnelles et les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité.

Conformément aux exigences des MPL, le RIN comprend ce qui suit :

- Chapitre 1 : aperçu des dispositions juridiques, institutionnelles et procédurales, accompagné d'information intersectorielle permettant de produire l'inventaire; description du PDGES du Canada et de la manière dont les données déclarées par les installations sont prises en compte dans l'inventaire;
- Chapitre 2 : analyse et ventilation des tendances des émissions de GES au Canada par secteurs du GIEC et par secteurs économiques du Canada;
- Chapitres 3 à 7 : description et analyses supplémentaires des estimations d'émission dans chaque secteur;
- Chapitre 8 : sommaire des recalculs et améliorations apportées et prévues;
- Annexes 1 et 2 : analyse des catégories clés et évaluation de l'incertitude;
- Annexe 3 : explications détaillées sur les méthodes d'estimation;
- Annexe 4 : bilan énergétique du Canada;
- Annexe 5 : renseignements sur les précurseurs d'ozone et d'aérosols;
- Annexes 6 et 7 : coefficients d'émission et explications détaillées sur l'intensité des GES issus de la production d'électricité.

Ce document est accessible en différents formats sur le site Web des données ouvertes du gouvernement du Canada, de même que les tableaux récapitulatifs des émissions de GES, à l'échelle nationale et pour chaque province et territoire, par secteur et par gaz.

Le RIN intégral, en format PDF, est accessible par le biais de la page d'accueil de l'inventaire officiel canadien des gaz à effet de serre. ECCC est en train de simplifier le contenu du RIN, notamment en allégeant les grandes quantités de données dans le format PDF du rapport et en présentant les données dans des formats plus variés à l'adresse : ouvert.canada.ca. Pour toute question ou commentaire à ce sujet, écrire à l'adresse ges-ghg@ec.gc.ca.

Références du sommaire

Chan E., Worth D.E.J., Chan D., Ishizawa M., Moran M.D., Delcloo A. et Vogel F. 2020. Eight-year estimates of methane emissions from oil and gas operations in western Canada are nearly twice those reported in inventories. *Environ. Sci. Technol., 54*(23), 14899-14909.

Climate Watch. 2026. Climate Watch historical GHG emissions. Washington (District de Columbia).World Resources Institute. Disponible en ligne : https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?chartType=percentage&end_year=2022&sectors=total-excluding-lulucf&start_year=1990. (en anglais seulement).

Conrad B.M., Tyner D.R., Li H. Z., Xie D. et Johnson M.R. 2023a. A measurement-based upstream oil and gas methane inventory for Alberta, Canada reveals higher emissions and different sources than official estimates. *Commun. Earth Environ. 4*: 416.

Conrad B.M., Tyner D.R. et Johnson M.R. 2023b. The futility of relative methane reduction targets in the absence of measurement-based inventories. *Environ. Sci. Technol., 57*(50), 21092-21103.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

Johnson M.R., Conrad D.M. et Tyner D.R. 2023. Creating measurement-based oil and gas sector methane inventories using source-resolved aerial surveys. *Commun. Earth Environ 4*: 139.

MacKay K., Lavoie M., Bourlon E., Atherton E., O'Connell E., Baillie J., Fougère C. et Risk D. 2021. Methane emissions from upstream oil and gas production in Canada are underestimated. *Sci. Rep., 11*: 8041.

MacKay K., Seymour S.P., Li H. Z., Zavala-Araiza D., Xie D. 2024. A Comprehensive Integration and Synthesis of Methane Emissions from Canada's Oil and Gas Value Chain. *Environ. Sci. Technol., 58*(32), 14203-14213.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 17-10-0005-01 : Estimations de la population au 1er juillet, par âge et genre. [Modifié le 24 septembre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501&request_locale=fr.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 36-10-0369-01 : Produit intérieur brut en termes de dépenses, aux prix constants de 2017, annuel (x 1 000 000) [Modifié le 28 novembre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610036901&request_locale=fr.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 25-10-0025-01 : Industries manufacturières, total annuel de la consommation énergétique de combustibles en gigajoules, 31-33. [Consulté le 13 janvier 2026]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002501&request_locale=fr.

CHAPITRE 1

CIRCONSTANCES NATIONALES, DISPOSITIONS INSTITUTIONNELLES ET INFORMATIONS INTERSECTORIELLES

1.1.	Changements climatiques et inventaires des gaz à effet de serre	18
1.2.	Circonstances nationales et dispositions institutionnelles du Canada	21
1.3.	Méthodologies et sources de données	28
1.4.	Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification	33
1.5.	Évaluation du degré d'incertitude	37
1.6.	Évaluation de l'exhaustivité	39

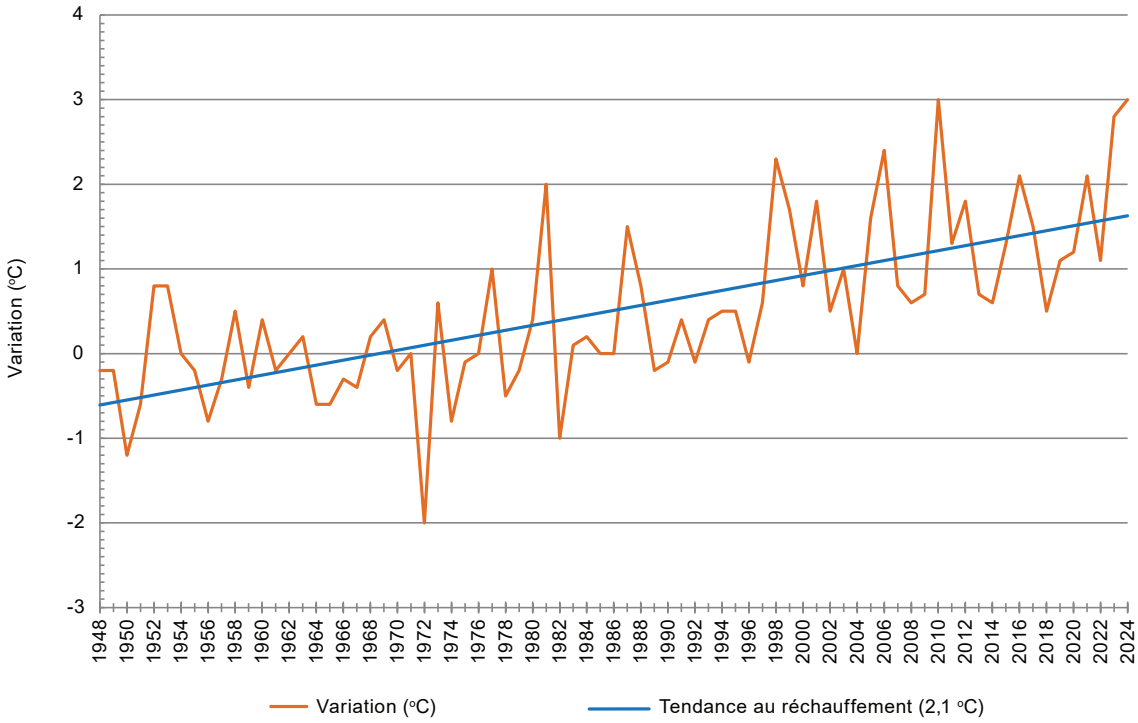
1.1. Changements climatiques et inventaires des gaz à effet de serre

Les changements climatiques constituent un enjeu déterminant du XXI[e] siècle. Ce problème de portée mondiale nécessite le déploiement de mesures à l'échelle internationale. En effet, les rapports d'évaluation préparés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), fondés sur les plus récentes recherches scientifiques, ont conclu que les activités humaines ont provoqué le réchauffement planétaire. Entre 2011 et 2020, les températures en surface mondiales ont dépassé de 1,1 °C la température entre 1850 et 1900 (GIEC, 2023). Les gouvernements du monde entier ont reconnu que les risques climatiques s'intensifient selon l'ampleur du réchauffement et des changements climatiques qui en découlent. Par conséquent, ils se sont engagés à collaborer afin de limiter le réchauffement planétaire.

Les changements climatiques ont provoqué des changements rapides et étendus qui ont affecté les humains et les systèmes naturels. De plus, ils ont causé des dommages importants et des pertes souvent irréversibles aux écosystèmes (GIEC, 2023). Les concentrations atmosphériques de GES ont augmenté de manière importante partout dans le monde depuis la période préindustrielle. Plus précisément, depuis 1750, la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone (CO_2) a augmenté de 151 %, celle du méthane (CH_4), de 265 % et celle de l'oxyde nitreux (N_2O), de 125 % (OMM, 2024). Il est indéniable que les augmentations observées des concentrations de GES bien mélangées depuis environ 1750 sont dues aux émissions de GES provenant des activités humaines au cours de cette période (GIEC, 2023).

Au Canada, les répercussions des changements climatiques pourraient se traduire par une hausse des phénomènes météorologiques extrêmes, un accroissement des risques et de la gravité des feux de forêt et des infestations d'insectes, une diminution des ressources d'eau douce et des glaces de l'Arctique, et l'accélération de la fonte des glaciers. La température moyenne nationale du Canada pour l'année 2024 était de 3,0 °C au-dessus de la moyenne de référence (moyenne de 1961 à 1990) (voir la Figure 1–1). Selon les données préliminaires, l'année 2024 arrive à égalité avec 2010 comme la plus chaude observée depuis le début de l'enregistrement des données à l'échelle nationale en 1948, la température ayant atteint 3,0 °C. Excepté en 1996 et en 2004, les températures observées excèdent la moyenne de référence pour chacune des 30 années précédentes. Partout au pays, la tendance au réchauffement indique que les températures annuelles moyennes ont augmenté de 2,1 °C au cours des 77 dernières années (ECCC, 2025). Le climat du Canada se réchauffe et continuera de le faire rapidement, à un rythme déjà deux fois plus rapide que la moyenne mondiale. Rien que dans le Nord canadien, ce rythme se chiffre au triple de la moyenne mondiale. Il faut réduire les émissions pour limiter l'ampleur des changements climatiques et éviter les points de bascule écologiques et socio-économiques, tout en sachant que les effets des changements climatiques se poursuivront même après la réduction à zéro des émissions nettes à l'échelle mondiale (ECCC, 2023a).

Figure 1–1 **Variations des températures annuelles au Canada et tendance à long terme, 1948–2024**



Note :
Source des données : ECCC (2025)

1.1.1. Contexte de l'inventaire des gaz à effet de serre du Canada

En décembre 1992, le Canada a ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) qui est entrée en vigueur en mars 1994. L'objectif final de la CCNUCC est de stabiliser les concentrations atmosphériques de GES à un niveau qui empêcherait des perturbations dangereuses du système climatique. Afin de soutenir les efforts mondiaux en matière de changements climatiques, de nombreux accords internationaux ont été mis en place dans le cadre de la CCNUCC. Le plus récent est l'Accord de Paris, un traité international juridiquement contraignant dont l'objectif principal est de limiter l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2 °C et de poursuivre les efforts pour limiter l'augmentation à 1,5 °C. Le Canada, reconnaissant l'importance de l'action collective, a ratifié l'Accord de Paris en 2016, et l'Accord est entré en vigueur la même année.

Afin d'atteindre son objectif et la mise en œuvre de ses dispositions, l'Accord de Paris énonce un certain nombre de principes directeurs et d'engagements. Notamment, l'article 13 de cet accord établit un cadre de transparence renforcé (CTR) pour l'action et le soutien. Toutes les Parties sont tenues de rassembler et de mettre en commun des renseignements sur les émissions de gaz à effet de serre, les politiques nationales et les meilleures pratiques, et de mettre en œuvre des mesures de réduction des émissions de GES. En particulier, il oblige notamment les signataires à établir, mettre à jour régulièrement, publier et mettre à la disposition de la Conférence des Parties (CdP) leurs inventaires nationaux des émissions anthropiques[1] par sources et des absorptions par puits de sept GES directs. Les GES abordés dans le présent inventaire sont les émissions et absorptions de dioxyde de carbone (CO_2) ainsi que les émissions de méthane (CH_4), d'oxyde nitreux (N_2O), de perfluorocarbures (PFC), d'hydrofluorocarbures (HFC), d'hexafluorure de soufre (SF_6) et de trifluorure d'azote (NF_3).

1 Le terme « anthropique » désigne les émissions et les absorptions induites par l'activité humaine qui se produisent sur des terres aménagées.

Le Canada, en tant que Partie développée de la CCNUCC, est tenu par la Convention de soumettre son inventaire national des GES chaque année. De plus, toutes les Parties du CTR de l'Accord de Paris sont tenues de soumettre à la CCNUCC un Rapport biennal de transparence (RBT)[2] tous les deux ans. Afin de soutenir l'article 13, la Décision CMA.1 de FCCC/CP/2018/L.13 a établi les modalités, procédures et lignes directrices (MPL) pour le cadre de transparence pour l'action et le soutien, y compris les exigences relatives aux Rapports d'inventaire nationaux. La structure générale suggérée du Rapport d'inventaire national (RIN) a également été établie dans la Décision 5/CMA.3 en 2021.

La soumission annuelle du RIN par le Canada comprend un rapport d'inventaire et un ensemble de tableaux de données, appelés Tableaux communs de déclaration (TCD), qui doivent être soumis ensemble au plus tard le 15 avril de chaque année en vertu de l'Accord de Paris et de la CCNUCC. Cette édition du RIN présente les estimations annuelles des émissions de GES du Canada pour la période de 1990 à 2024 en fonction des exigences et des formats de déclaration convenus à l'échelle internationale[3]. L'édition 2024 a été la première à être soumise dans le cadre de l'Accord de Paris[4]. Voir la section 1.2.4 pour en savoir plus sur la structure de soumission de l'inventaire.

1.1.2. Mesures et potentiel de réchauffement planétaire

Puisque 2005 est l'année adoptée comme référence dans la Contribution déterminée au niveau national (CDN) du Canada et les cibles en matière de réduction des émissions, plusieurs des mesures dans ce rapport sont présentées dans ce contexte, en plus de l'année de référence 1990 exigée par les MPL. Le GIEC définit les GES comme des « constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde précises à l'intérieur du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. Cette propriété cause l'effet de serre » (GIEC, 2021). Chaque type de gaz à effet de serre a une durée de vie dans l'atmosphère et un potentiel de rétention de chaleur qui lui est propre[5]. L'effet de forçage radiatif[6] d'un gaz dans l'atmosphère dépend de sa capacité à provoquer un réchauffement de l'atmosphère. Il se produit un forçage radiatif direct lorsque le gaz lui-même est un GES, et un forçage indirect lorsque les conditions atmosphériques et les espèces qui ne sont pas des GES se transforment par réaction chimique en GES, comme le monoxyde de carbone (CO) en dioxyde de carbone (CO_2), ou quand un gaz influe sur la durée de vie atmosphérique des autres gaz.

Le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) est défini comme le changement temporel du forçage radiatif attribuable au rejet instantané d'un kilogramme de la substance, exprimé par rapport au forçage radiatif résultant du rejet d'un kilogramme de CO_2. La valeur du PRP d'un GES est une mesure relative de l'effet de réchauffement que peuvent exercer les émissions d'un gaz radiatif (p. ex. un GES) sur le système surface-atmosphère, qui tient compte à la fois du forçage radiatif instantané attribuable à une augmentation graduelle de la concentration et de la durée de vie du gaz dans l'atmosphère.

La notion de PRP a été créée pour permettre de comparer la capacité de chaque GES à piéger la chaleur dans l'atmosphère par rapport au CO_2, de même que pour caractériser les émissions de gaz à effet de serre par la quantité de CO_2 qui serait nécessaire pour produire un effet de réchauffement similaire au cours d'une période donnée. C'est ce qui est appelé l'équivalent en dioxyde de carbone (ou éq. CO_2). Pour obtenir cette valeur, la quantité de gaz est multipliée par le PRP qui lui est associé. Cette normalisation en fonction de l'éq. CO_2 permet de quantifier les « émissions nationales totales » exprimées sous forme d'éq. CO_2.

Étant donné que les valeurs de PRP sont fondées sur les conditions de fond des concentrations de GES et du climat, il faut les ajuster régulièrement pour refléter l'augmentation des gaz déjà présents dans l'atmosphère et de l'évolution des conditions atmosphériques. Le GIEC élabore et met à jour les PRP pour tous les GES, généralement tous les six ou sept ans. Conformément aux MPL du CTR dans le cadre de l'Accord de Paris (Annexe de la Décision 18/CMA.1) et au paragraphe 25 de la Décision 5/CMA.3, ce rapport se sert des valeurs de PRP sur 100 ans tirées du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5) (GIEC, 2014), tel que montré au Tableau 1–1.

2 Le RBT comprend des renseignements sur les progrès réalisés vers les Contributions déterminées au niveau national (CDN), les politiques et mesures, les effets des changements climatiques et l'adaptation à ceux-ci, les degrés de financement, de développement et de transfert de technologies et de soutien au renforcement des capacités, ainsi que les zones d'amélioration. Il résume également certaines informations présentées dans le RIN.

3 Pour plus de précision, consulter les documents suivants :
- Accord de Paris : https://unfccc.int/sites/default/files/french_paris_agreement.pdf
- MPL : https://unfccc.int/sites/default/files/resource/l23f_0.pdf
- Lignes directrices pour l'application des MPL (par ex. structure de déclaration suggérée) : https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CMA2021_L10a2F.pdf

4 Auparavant, cet inventaire était préparé conformément aux *Directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe I de la Convention, première partie : Directives FCCC pour la notification des inventaires annuels* (Directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires), adoptées par la Décision 24/CP.19 en 2013, et était soumis en vertu de la Convention.

5 Les définitions des sept GES abordés dans le présent inventaire se trouvent dans GIEC (2021).

6 Le terme « forçage radiatif », pour un GES donné, désigne l'ordre de grandeur du potentiel de piégeage de la chaleur. Il se mesure en unités de puissance (watts) par unité de surface (mètre carré).

Tableau 1–1 **Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du GIEC**

GES	Formule	PRP actualisés 100 ans[a]	Durée de vie dans l'atmosphère (années)
Dioxyde de carbone	CO_2	1	Variable
Méthane[b,c]	CH_4	28	12,4
Oxyde nitreux	N_2O	265	121
Hexafluorure de soufre	SF_6	23 500	3 200
Trifluorure d'azote	NF_3	16 100	500
Hydrofluorocarbures (HFC)			
HFC-23	CHF_3	12 400	222
HFC-32	CH_2F_2	677	5,2
HFC-41	CH_3F	116	2,8
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	1 650	16,1
HFC-125	CHF_2CF_3	3 170	28,2
HFC-134	CHF_2CHF_2	1 120	9,7
HFC-134a	CH_2FCF_3	1 300	13,4
HFC-143	CH_2FCHF_2	328	3,5
HFC-143a	CH_3CF_3	4 800	47,1
HFC-152	CH_2FCH_2F	16	0,40
HFC-152a	CH_3CHF_2	138	1,5
HFC-161	CH_3CH_2F	4	0,18
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3 350	38,9
HFC-236cb	$CH_2FCF_2CF_3$	1 210	13,1
HFC-236ea	CHF_2CHFCF_3	1 330	11
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	8 060	242
HFC-245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	716	6,5
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	858	7,7
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	804	8,7
Perfluorocarbures (PFC)			
PFC-14	CF_4	6 630	50 000
PFC-116	C_2F_6	11 100	10 000
PFC-218	C_3F_8	8 900	2 600
PFC-31-10	C_4F_{10}	9 200	2 600
PFC-318	$c\text{-}C_4F_8$	9 540	3 200
PFC-41-12	$n\text{-}C_5F_{12}$	8 550	4 100
PFC-51-14	$n\text{-}C_6F_{14}$	7 910	3 100
PFC-91-18	$C_{10}F_{18}$	7 190	2 000
PFC-c216	$c\text{-}C_3F_6$	9 200	3 000

Notes :
a. Source : Tableau 8.A.1 du GIEC (2013).
b. Le PRP du méthane tient compte des effets indirects de l'augmentation de l'ozone et de la vapeur d'eau stratosphérique.
c. Le méthane provenant des énergies fossiles à été exclus, tel qu'entendu par la Décision 5/CMA 3 de la CCNUCC.

1.2. Circonstances nationales et dispositions institutionnelles du Canada

Les dispositions relatives à l'inventaire du Canada pour l'estimation des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits pour les sept GES incluent toutes les dispositions institutionnelles, juridiques et procédurales nécessaires pour assurer la conformité du Canada en ce qui concerne ses obligations en matière de déclaration. Ces dispositions institutionnelles comprennent les ententes officielles avec les contributeurs, qui décrivent les rôles et les responsabilités de ceux-ci dans la préparation de l'inventaire national de GES, souvent sous forme d'ententes en matière de transmission de données. Les dispositions procédurales assurent la conformité aux MPL de la préparation, de la déclaration et de l'archivage des renseignements contenus dans l'inventaire.

1.2.1. Entité nationale et point de contact

La Division des inventaires et des rapports sur les polluants (DIRP) d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) est l'entité nationale responsable des dispositions relatives à l'inventaire national du Canada. Plus précisément, voici les coordonnées du point de contact de l'inventaire national :

Lindsay Pratt, Directeur
Division des inventaires et rapports sur les polluants
Direction des rapports et évaluation scientifiques
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement et Changement climatique Canada
351, boul. Saint-Joseph
Gatineau QC K1A 0H3
Courriel : ges-ghg@ec.gc.ca
Téléphone : 1-877-877-8375

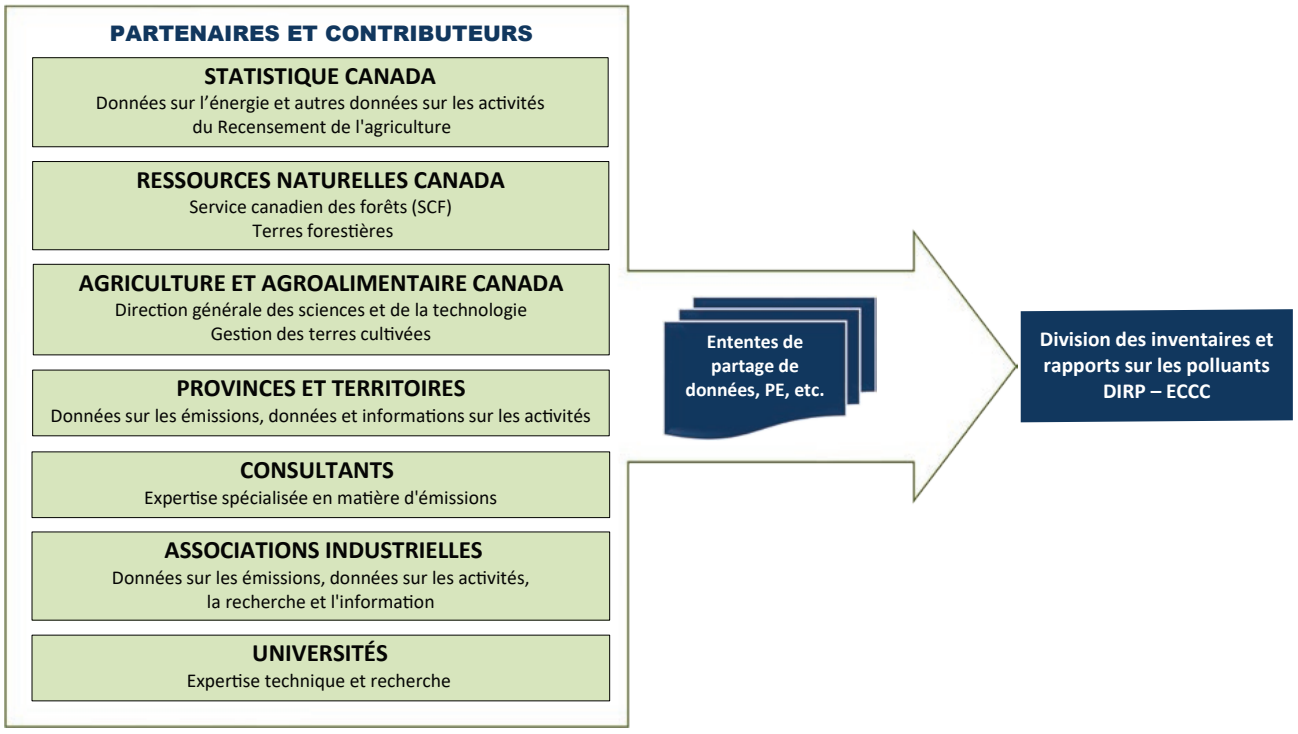
Un aperçu des dispositions institutionnelles et du processus de préparation de l'inventaire est présenté dans la prochaine section.

1.2.2. Dispositions institutionnelles

ECCC, en tant qu'organisme fédéral responsable de la préparation et de la présentation de l'inventaire national à la CCNUCC, a établi et gère tous les aspects relatifs aux dispositions à l'appui de l'inventaire des GES.

Les sources et les puits de GES sont répartis dans un vaste éventail de secteurs et d'activités économiques. Tirant parti des meilleures expertises et informations techniques et scientifiques disponibles, ECCC a défini les divers rôles et responsabilités pour la préparation de l'inventaire, tant à l'interne qu'à l'externe, et a donc établi de nombreuses ententes, formelles et informelles, avec des fournisseurs de données et des experts. Ces ententes comprennent, entre autres, des partenariats avec d'autres ministères fédéraux, notamment Statistique Canada, Ressources naturelles Canada (RNCan) et Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC); des ententes conclues avec des associations industrielles, des consultants et des universités; aussi, des ententes de collaboration bilatérales avec les gouvernements provinciaux et territoriaux (Figure 1–2).

Figure 1–2 **Partenaires et contributeurs des dispositions relatives à l'inventaire national**



Note : Un PE ou protocole d'entente est un accord entre deux ou plusieurs parties décrit dans un document officiel.

1.2.2.1. Statistique Canada

Statistique Canada, en tant qu'organisme national responsable des statistiques, fournit à ECCC une grande partie des données sur les activités nécessaires pour l'estimation des émissions de GES des secteurs de l'Énergie et des Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP). Statistique Canada est chargé de recueillir, de compiler et de diffuser les informations sur le bilan énergétique du Canada dans son *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, s.d.). Le bilan énergétique se fonde sur diverses études de Statistique Canada, dont l'enquête annuelle sur la Consommation industrielle d'énergie (CIE), qui recueille des données sur la consommation énergétique des diverses industries. Les chiffres relatifs au bilan énergétique sont transmis chaque année à ECCC, conformément à une lettre d'entente entre les deux ministères.

Le système de gestion de la qualité de Statistique Canada pour les données sur le bilan énergétique comprend un processus d'examen interne et externe. Étant donné la complexité de ces données, des experts de Statistique Canada, d'ECCC, de RNCan et du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC) de l'Université Simon Fraser examinent la qualité et les aspects techniques relatifs aux données du BDEE et sur l'enquête annuelle sur la CIE et fournissent des avis, des orientations et des recommandations en vue d'améliorer le bilan énergétique. Les annexes 3 et 4 du présent rapport présentent plus en détail le rôle des données du bilan énergétique dans le calcul des estimations des émissions provenant du secteur de l'Énergie.

De plus, Statistique Canada recueille d'autres données sur l'énergie, provenant des secteurs de l'exploitation minière et de la production d'électricité, ainsi que sur la production d'autres industries non reliées à l'énergie, dont l'industrie pétrochimique et des minéraux. De plus, l'organisme recueille des données sur les activités agricoles (cultures, production agricole et pratiques de gestion par le biais du *Recensement de l'agriculture*), et fournit aussi des données sur la population d'animaux d'élevage.

1.2.2.2. Ressources naturelles Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) : système de surveillance du Canada pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF)

ECCC a confié des responsabilités officielles à AAC et au Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (SCF de RNCan) pour l'élaboration d'éléments clés du secteur de l'ATCATF; la désignation de ces responsabilités a été officialisée au moyen de protocoles d'entente (PE).

Chaque année, le SCF de RNCan élabore et présente à ECCC des estimations des émissions et absorptions de GES relatives aux terres forestières, aux produits ligneux récoltés, à la conversion de terres en terres forestières (boisement) et à la conversion de terres forestières en d'autres terres (déboisement). Le groupe de travail responsable de la surveillance du déboisement fournit des estimations de l'activité de conversion des forêts.

AAC fournit des estimations des émissions et des absorptions de GES provenant des terres agricoles pour le secteur ATCATF, qui incluent notamment les effets des pratiques de gestion sur les sols agricoles et les effets résiduels de la conversion de terres en terres cultivées. De plus, AAC offre un appui scientifique au secteur de l'inventaire portant sur l'Agriculture.

ECCC dirige et coordonne le processus d'élaboration de l'inventaire annuel et réalise toutes les autres estimations pour le secteur ATCATF, effectue des analyses globales en matière d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et s'assure de la cohérence des estimations fondées sur les terres au moyen d'un système de représentation intégrée des terres. Les mesures d'amélioration sont gérées à partir d'un plan continu de trois ans et la supervision est assurée par des comités interministériels de directeurs, définis par des cadres de référence acceptés mutuellement. Pour plus d'informations sur le plan d'amélioration de l'ATCATF, voir le Chapitre 8.

1.2.2.3. Autres ententes et sources de données

En plus d'apporter son appui aux estimations dans le secteur ATCATF (voir la section précédente), RNCan fournit expertise et analyse en matière d'énergie et effectue des examens d'experts pour le secteur de l'Énergie et les sources de consommation d'éthanol et résidus de bois. Transports Canada et RNCan procurent les données sur les véhicules routiers, comme l'efficacité énergétique et le taux de conduite.

En 2013, une entente bilatérale modifiée a été signée avec l'Association de l'aluminium du Canada (AAC), aux termes de laquelle l'objectif était de fournir chaque année à ECCC des estimations des émissions relatives aux procédés pour le CO_2, les PFC et le SF_6. Puisque le PDGES fournit une partie de ces données depuis 2017, l'objectif de l'entente avec l'AAC a évolué; celui-ci consiste maintenant à fournir, sur demande, des données et de l'information à l'appui sur les coefficients d'émissions (CE) et les paramètres utilisés pour estimer les émissions. ECCC a aussi conclu une entente avec l'Association canadienne de l'électricité (ACE) pour que celle-ci fournisse des données sur les émissions de SF_6 et d'autres éléments liés aux systèmes de transport de l'électricité.

La responsabilité principale de la gestion des ressources naturelles revient aux gouvernements provinciaux et, à ce titre, ECCC reçoit diverses données sur le pétrole et le gaz dans le cadre d'accords formels et informels avec les régulateurs provinciaux. Les données et l'expertise sont fournies par l'organisme de réglementation de l'énergie de l'Alberta, l'organisme de réglementation de l'énergie de la Colombie-Britannique, le ministère de l'Environnement et de l'Énergie de la Saskatchewan et la Régie Canada-Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière (RC-TNLEE).

Le Energy and Emissions Research Laboratory (EERL) à l'Université Carleton effectue des études de mesures aériennes périodiques des émissions de CH_4 provenant des activités pétrolières et gazières au Canada. Par l'entremise d'une entente non officielle, EERL fournit à ECCC des inventaires de CH_4 fondés sur des mesures de source déterminée au sujet de la Saskatchewan, l'Alberta et la Colombie-Britannique.

Dans le cadre du Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES)[7], ECCC recueille chaque année des données sur les émissions et d'autres données complémentaires (p. ex., les données sur les activités) provenant d'installations qui émettent d'importantes quantités de GES à travers le Canada. Ces données déclarées par les installations sont utilisées dans les estimations de l'inventaire national pour certains secteurs et jouent un rôle clé dans l'élaboration globale de l'inventaire, où elles sont utilisées pour comparer et vérifier certaines estimations dans le RIN. Pour plus d'informations sur les données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES et sur les utilisations particulières dans le RIN, se référer à la section 1.4.4.

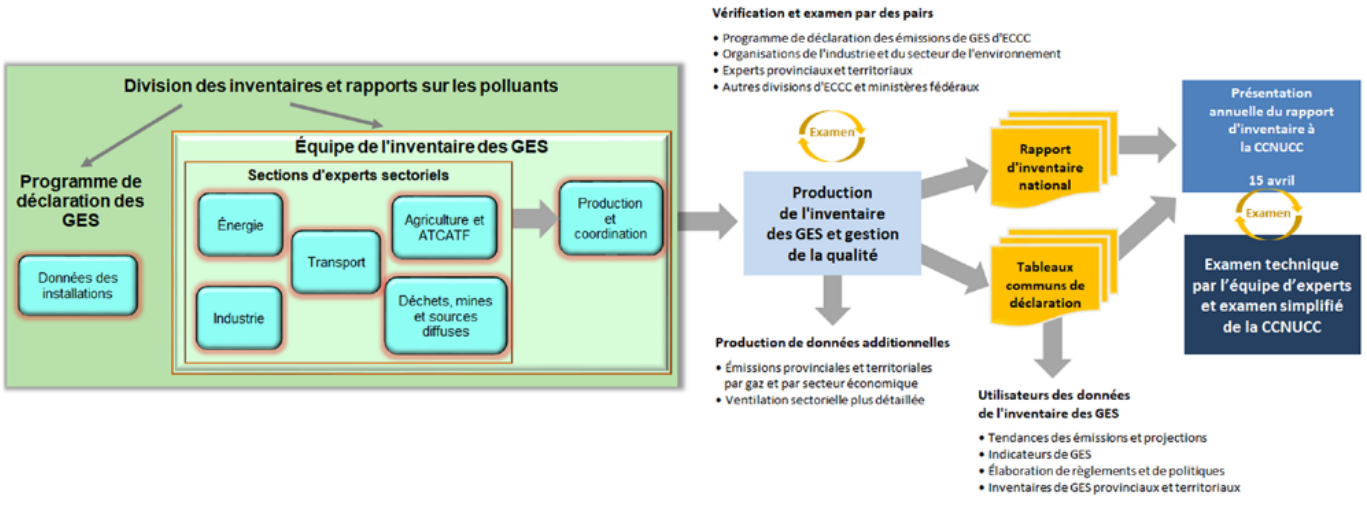
Au besoin, et lorsque les ressources le permettent, des contrats sont passés avec des firmes de consultants et des universités pour exécuter des études en profondeur, par exemple l'élaboration ou la mise à jour de CE propres aux pays.

1.2.3. Processus de préparation de l'inventaire

La Direction générale des sciences et de la technologie d'ECCC, avec la contribution de nombreux experts canadiens, développe, compile et publie le rapport d'inventaire annuel du Canada. Un aperçu des différentes étapes du processus de préparation de l'inventaire ainsi que les parties prenantes associées est illustré à la Figure 1–3. Deux programmes en lien avec les GES sont maintenus : le PDGES et l'inventaire national officiel des GES. L'équipe d'inventaire des GES compte cinq sections d'experts sectoriels et une section responsable de compiler les estimations, de coordonner les activités et de produire les documents finaux à publier.

L'inventaire est établi d'après un processus continu de changements méthodologiques, d'améliorations et d'examens, en conformité avec les principes en matière de planification de la gestion et de l'amélioration de la qualité. Quant à la planification de l'inventaire, elle se base sur l'examen des leçons apprises du précédent cycle d'inventaire, des suivis d'AQ/CQ, des examens de la CCNUCC, du contexte de la collecte de données et de la collaboration avec les gouvernements provinciaux et territoriaux ou autres partenaires. Ces facteurs variables influent sur le calendrier de l'inventaire, qui est ajusté à tous les cycles. Ce processus est réalisé en collaboration et en consultation continue au sein de ECCC, mais fait aussi appel à des partenaires et des contributeurs externes.

Figure 1–3 **Aperçu du processus de production de l'inventaire**



7 https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations.html

De la planification à la soumission, le cycle d'inventaire nécessaire pour développer une édition du RIN dure plus d'un an (voir la Figure 1–4).

Phase 1 : planification de l'inventaire

En général, la planification de l'inventaire débute en janvier, lorsque les experts sectoriels participant à l'inventaire commencent à planifier leur travail sur les améliorations prévues. Celles-ci concernent notamment les sources de données, la méthodologie et les CE qui seront recueillis, révisés, établis et précisés au cycle suivant. Priorisé selon les facteurs déjà mentionnés et suivi durant tout le cycle d'inventaire, le travail sollicite la participation des partenaires stratégiques au besoin. Les organismes sources, le PDGES et d'autres collaborateurs recueillent des données pour l'année qui vient de se terminer (voir la section 1.2.2 pour en savoir plus). Pendant que les experts sectoriels participent à la planification, le travail se poursuit pour terminer l'édition précédente du RIN dans le but de la soumettre en même temps.

Phase 2 : préparation de l'inventaire

En mai, après la publication de l'édition précédente du RIN, la préparation de l'inventaire débute. La collecte des données commence lorsque les rôles et les responsabilités sont définis. Durant cette phase, les données recueillies de la part des organismes sources font l'objet d'une évaluation de la qualité, processus qui se poursuit lorsque de nouvelles données sur les activités sont obtenues. Le calendrier intégré du cycle en cours est établi : les étapes du processus de production et les dates de tombée pour l'année sont fixées. Au besoin, les experts effectuent la mise à jour et la révision des modèles et des outils servant à estimer et à compiler les données sur les GES. En outre, les activités d'amélioration continue commencent à cette étape, dont les modifications méthodologiques, et ce, selon des lignes directrices établies.

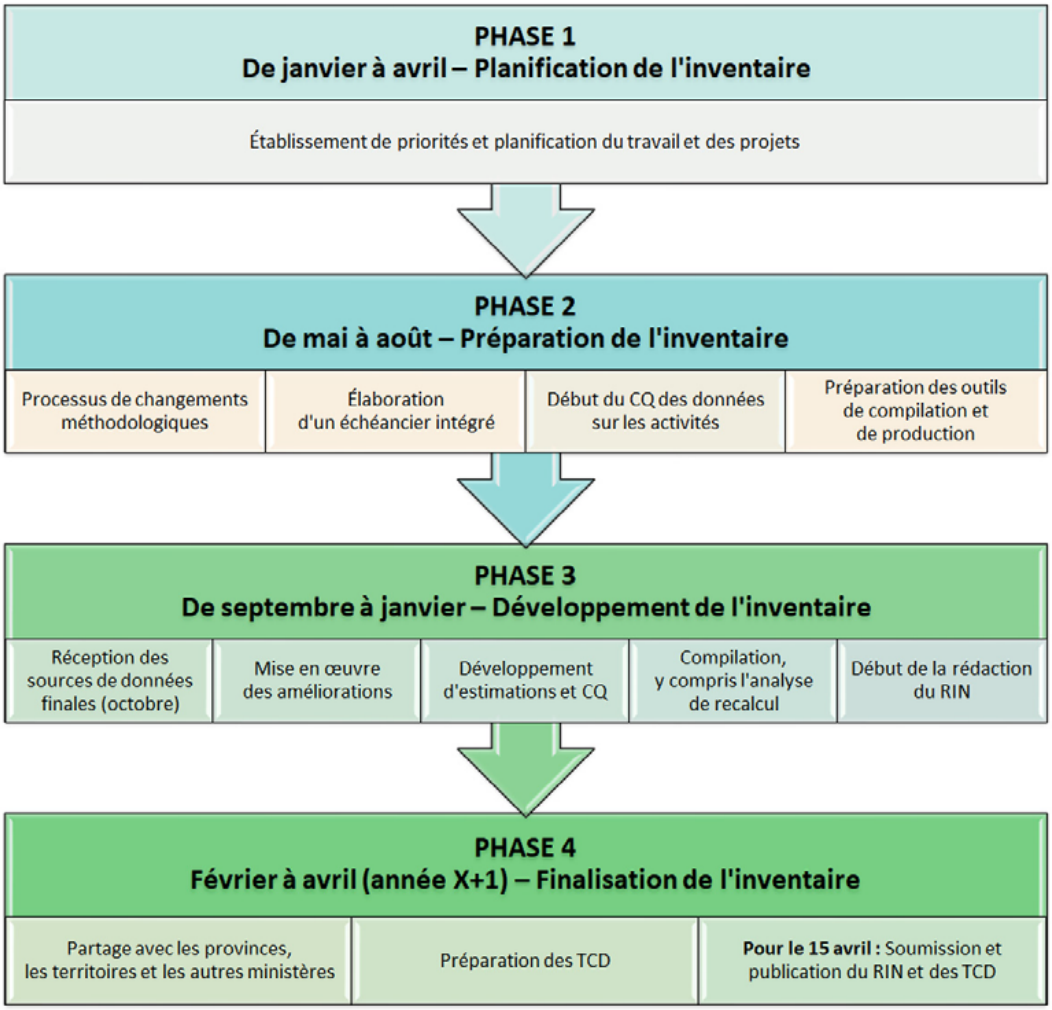
Phase 3 : développement de l'inventaire

Les méthodes sont finalisées, révisées et approuvées avant la fin du mois de septembre, y compris celles mises à jour lors des activités d'amélioration continue. La majorité du processus de collecte, de compilation et de révision de données sur les activités est terminé avant octobre. Par la suite, les améliorations sont entièrement intégrées et les données sont saisies dans des systèmes de quantification des émissions (par exemple des feuilles de calcul, des scripts et des requêtes). En novembre et en décembre, des experts désignés à l'inventaire effectuent des estimations préliminaires, qui sont compilées et examinées à l'interne. Les estimations compilées subissent des CQ, et les recalculs en lien avec ces estimations, des analyses. En décembre, la première version des estimations préliminaires compilées est prête. Enfin, durant la phase de développement de l'inventaire, la rédaction du rapport débute.

Phase 4 : finalisation de l'inventaire

Dans les mois qui suivent, entre janvier et mars, l'inventaire compilé est révisé à l'interne. Par la suite, des spécialistes d'autres ministères fédéraux et de gouvernements provinciaux et territoriaux révisent certaines composantes de l'inventaire à l'externe. Les commentaires issus de l'examen sont documentés, analysés et, si nécessaire, le contenu de l'inventaire est révisé. Durant cette période, les experts de l'inventaire préparent et finalisent le texte du RIN et les TCD. Les calculs d'incertitude, les analyses par catégorie clé et les évaluations d'exhaustivité sont terminés à la mi-mars, de même que les documents d'accompagnement. Le RIN et les TCD sont ensuite présentés à la CCNUCC par voie électronique à la mi-avril. Simultanément, durant la phase de finalisation de l'inventaire, le RIN est traduit en français pour que cette version soit publiée au même moment. Après la publication, selon le principe d'amélioration continue, des séances portant sur les leçons apprises sont menées, puis les archives électroniques sont mises à jour.

Figure 1–4 **Processus par phases du cycle d'inventaire des GES, principales étapes**



1.2.4. Structure de la soumission de l'inventaire

Conformément aux MPL, la soumission annuelle de l'inventaire canadien officiel des GES comprend le RIN et les TCD. Le RIN renferme les renseignements qualitatifs appuyant les données quantitatives des TCD, dont une description étoffée des méthodes ayant servi à compiler l'inventaire, les sources de données, les ententes institutionnelles et les procédures d'assurance qualité et de contrôle qualité. ECCC s'affaire à rendre le contenu du RIN plus efficace et utile : entre autres, en remplaçant les nombreuses données du rapport en format PDF par des données plus accessibles dans plusieurs formats sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada. Pour des questions ou commentaires à ce sujet, communiquer avec nous à ges-ghg@ec.gc.ca.

Pour plus de précisions sur les documents faisant partie de la soumission de l'inventaire canadien des GES et les endroits où les consulter, voir le Tableau 1–2.

Le RIN complet en format PDF se trouve sur le site Web de la CCNUCC.

Tableau 1–2 **Documents liés à l'inventaire de GES du Canada et leur emplacement**

Catégorie	Contenu	Emplacement	Format
Données sur les GES	Données sur les GES par secteur du GIEC et par gaz aux échelles nationale, provinciale et territoriale, 1990-2024	ouvert.canada.ca : dossier A	• Excel • CSV
	Données sur les GES par secteur économique et par gaz aux échelles nationale, provinciale et territoriale, 1990-2024	ouvert.canada.ca : dossier B	• Excel • CSV
	Données sur l'ATCATF par sous-catégorie, 1990-2024	ouvert.canada.ca : dossier E	Excel
	Données sur l'Agriculture par sous-catégorie, par gaz et par activité à l'échelle provinciale	ouvert.canada.ca : dossier F	Excel
Analyse des tendances des émissions	Chapitre 2 : Texte intersectoriel	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*	PDF
Informations propres aux secteurs	Chapitre 3 : Secteur de l'Énergie Chapitre 4 : Secteur des PIUP Chapitre 5 : Secteur de l'Agriculture Chapitre 6 : Secteur de l'ATCATF Chapitre 7 : Secteur des Déchets	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*	PDF
Catégories clés	Annexe 1 : Résumé et explications	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*	PDF
	Tableaux de données détaillées	ouvert.canada.ca : dossier G	Excel
Incertitude	Annexe 2 : Résumé et explications	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*	PDF
	Tableaux de données détaillées	ouvert.canada.ca : dossier G	Excel
Méthodologie	Annexe 3.1 : Utilisation de combustibles fossiles Annexe 3.2 : Émissions de sources fugitives Annexe 3.3 : Secteur des PIUP Annexe 3.4 : Secteur de l'Agriculture Annexe 3.5 : Secteur de l'ATCATF Annexe 3.6 : Secteur des Déchets	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* ouvert.canada.ca : dossier G	PDF
Comparaison des approches sectorielle et de référence, et bilan énergétique national	Annexe 4 : Explications et tableaux de données	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* ouvert.canada.ca : dossier G	PDF
Précurseurs d'ozone et d'aérosols	Annexe 5 : Texte explicatif	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* ouvert.canada.ca : dossier G	PDF
Coefficients d'émission	Annexe 6 : Texte et tableaux de données	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*	PDF
	Tableaux de données	ouvert.canada.ca : dossier D	Excel
Résumé sur l'électricité et coefficients d'émission	Annexe 7 : Tableaux sur l'intensité à l'échelle nationale (valeurs arrondies)	*Rapport d'inventaire national 1990–2024 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*	PDF
	Annexe 7 : Tableaux sur l'intensité aux échelles nationale, provinciale et territoriale (valeurs non arrondies)	ouvert.canada.ca : dossier C	Excel

1.2.5. Système d'archivage

Le Canada a mis au point un système d'archivage pour garantir la transparence, la traçabilité et la reproductibilité de son inventaire officiel des GES en fixant les normes et les pratiques relatives à la gestion de l'information selon les MPL (paragraphe 19) et les directives d'ECCC. En bref, les documents à archiver comprennent tous les renseignements sur la série chronologique faisant l'objet de la déclaration, y compris l'ensemble des coefficients d'émission et des données sur les activités subdivisés, et tous les documents sur la génération et le regroupement des données, dont l'AQ/CQ, les résultats d'analyse et les améliorations prévues à l'inventaire.

Le plan d'archivage consiste en un document interne qui définit les paramètres des documents à archiver, par exemple leur durée d'archivage, leur emplacement et leur caractère interne ou public. Des serveurs internes gèrent et conservent la plupart des renseignements internes archivés, alors que le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada héberge d'autres renseignements, ceux-là publics. L'archivage des documents a lieu tous les ans, de même que sa mise à jour et son suivi, y compris toutes les références citées dans le RIN du Canada qui sont compilées et archivées dans la bibliothèque de référence électronique intégrée. Le système d'archivage a été conçu selon le Plan de classement d'ECCC, qui permet de bien gérer et rassembler les ressources informationnelles ayant une valeur d'affaires grâce à sa structure et son organisation des renseignements.

1.2.6. Procédures pour l'examen et l'approbation officiels de l'inventaire

Dans le cadre du processus d'examen et d'approbation, des séances d'information sont offertes à de hauts fonctionnaires. En général, ces séances commencent par le processus d'amélioration prévue et se poursuivent avec les estimations préliminaires dès qu'elles sont connues. Les renseignements et les mises à jour sont systématiquement communiqués aux hauts fonctionnaires durant les phases 2 à 4 du cycle d'inventaire. Plusieurs semaines avant la soumission finale en avril, une Note de service à l'intention du ministre est diffusée au sein du ministère à titre de renseignement. Une fois que le rapport a été révisé, le point de contact de l'inventaire national rédige une lettre de présentation qui accompagnera le RIN et les TCD, lesquels seront ensuite soumis par voie électronique à la CCNUCC.

1.2.7. Examens annuels de l'inventaire

Le processus d'examen joue un rôle essentiel pour garantir que la qualité de l'inventaire s'améliore au fil du temps et que les Parties respectent les exigences convenues en matière de déclaration. Par ailleurs, la transparence, l'exhaustivité, la comparabilité, l'uniformité et l'exactitude du RIN sont en partie attribuables à ce processus bien établi.

Dans le cadre du cycle annuel d'inventaire, et ce, jusqu'en 2023, des experts de l'équipe d'examen (EEE) examinaient habituellement la soumission d'inventaire du Canada tous les ans selon des lignes directrices en matière d'examen convenues avec la CCNUCC[8] telles qu'adoptées dans la Décision 13/CP.20 en 2014. À compter de 2025, conformément à la Décision 18/CMA.1 (2018) et en vertu de l'article 13 de l'Accord de Paris, les renseignements soumis par toutes les Parties doivent passer un examen technique mené par des experts qui doit se conformer aux MPL. Tous les deux ans, ces experts examinent les renseignements présentés dans le RIN et le RBT[9]. Les années où aucun RBT n'a besoin d'être remis à la CCNUCC, l'inventaire de GES du Canada fait l'objet d'un examen simplifié consistant en une évaluation initiale de son exhaustivité et de sa concordance avec les MPL menée par le Secrétariat de la CCNUCC. Les renseignements visés par ce type d'examen sont pour la plupart quantitatifs et proviennent des TCD. Après l'examen, la CCNUCC rend publics les constats qui en ressortent[10].

Pour en savoir davantage sur le processus d'examen et les améliorations apportées à la suite des recommandations, voir le Chapitre 8. Une liste complète des recommandations de l'EEET et du statut de celles-ci est maintenue à jour sur la page Web de données ouvertes du gouvernement du Canada.

1.3. Méthodologies et sources de données

Telles que l'exigent les MPL, les estimations d'émissions et d'absorptions de GES présentées dans l'inventaire des GES du Canada sont calculées à l'aide de méthodes conformes aux *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). Dans certains cas, la *Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2019) est également employée pour améliorer les méthodes et la précision. L'inventaire est subdivisé en cinq grands secteurs du GIEC : Énergie, PIUP, Agriculture, ATCATF et Déchets, chacun de ces secteurs étant à son tour subdivisé en sous-secteurs ou catégories. Les catégories sont décrites par secteur du GIEC au Tableau 1–3. De plus, dans le but de permettre l'analyse des tendances économiques et des politiques et de respecter les exigences relatives aux déclarations de l'inventaire, les émissions ont été allouées au secteur économique canadien les ayant produites. En général, la réallocation de la part des émissions de plusieurs sous-catégories du GIEC a permis d'établir un profil d'émissions complet pour un secteur économique donné. Cette réallocation, qui ne fait que recatégoriser les émissions sous d'autres en-têtes, ne modifie pas l'ampleur globale des estimations d'émissions canadiennes. Les catégories sont décrites par secteur économique canadien au Tableau 1–4.

Les émissions et les absorptions de sept GES directs (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 et NF_3) sont estimées.

Même si ce n'est pas obligatoire, les MPL incitent les Parties à fournir des renseignements sur les GES indirects suivants : SO_x, NO_x, CO, et les COVNM (voir l'Annexe 5). Ces gaz sont répertoriés dans l'Inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA)[11] et déclarés séparément à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU).

En général, un inventaire des émissions et des absorptions peut se définir comme un compte rendu détaillé des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits, à l'endroit et au moment où elles ont lieu, dans l'année et la région du pays visées. Un tel inventaire peut être établi selon une méthode « ascendante », « descendante » ou les deux. Dans la plupart des cas, l'inventaire national du Canada recourt à la méthode descendante et fournit des estimations aux niveaux sectoriel et provincial ou territorial, sans que les émissions ne soient attribuées aux émetteurs individuels.

8 Les *Directives pour l'examen technique des informations communiquées au titre de la Convention, relatives aux inventaires de gaz à effet de serre, aux rapports biennaux et aux communications nationales des Parties visées à l'annexe I de la Convention* se trouvent à cette adresse : http://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/fre/10a03f.pdf (page 3).

9 Des précisions sur la portée des examens techniques menés par des experts, y compris les éléments qui en sont exclus, se trouvent dans les MPL.

10 Le dernier rapport d'Inventaire national du Canada se trouve en ligne à : https://unfccc.int/fr/node/633087.

11 Les données sur les précurseurs d'ozone et d'aérosols du Canada, dont le CO, les NO_x, les COVNM et les SO_x se trouvent dans l'Inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada, accessible au www.canada.ca/iepa

Tableau 1–3 **Descriptions des catégories de sources et de puits de GES par secteur du GIEC**

Catégories de sources et de puits de GES		Description
ÉNERGIE		
a.	**Sources de combustion fixes**	
	Production d'électricité et de chaleur du secteur public	Émissions provenant de combustible consommé pour la production d'électricité des services publics et de vapeur (pour la vente).
	Industries de raffinage du pétrole	Émissions provenant de combustible consommé par les industries de raffinage du pétrole.
	Extraction de pétrole et de gaz	Émissions provenant de combustible consommé par les industries d'extraction de pétrole et de gaz.
	Production de charbon	Émissions provenant de combustible consommé par les mines de charbon.
	Fabrication de biocombustibles	Émissions provenant de combustible consommé par les industries de fabrication de biocombustibles, y compris la production d'éthanol, de biodiesel, de diesel renouvelable, de gaz naturel renouvelable, de carburant d'aviation durable, de biobrut et de granulés de bois.
	Exploitation minière et extraction en carrière	Émissions provenant de combustible consommé par :
		– mines de métaux et de non-métaux, carrières de pierre et de gravier;
		– exploration minérale et activités de forage à forfait.
	Industries manufacturières	Émissions provenant de combustible consommé par les industries suivantes :
		– sidérurgie (production de fer primaire à partir de hauts fourneaux et d'éponge de fer, et production d'acier primaire à partir de fourneaux électriques à arc et de convertisseurs basiques à oxygène;
		– métaux non ferreux (production d'aluminium, de magnésium et autre production);
		– produits chimiques (fabrication d'engrais, fabrication de produits chimiques organiques et inorganiques);
		– pâtes et papiers (surtout la fabrication de pâtes, de papiers et de produits de papier);
		– production de ciment et autres produits minéraux non métalliques;
		– autres industries manufacturières non spécifiées (p.ex., les industries de l'automobile, des textiles et des aliments et boissons).
	Construction	Émissions provenant de combustible consommé par l'industrie de la construction (bâtiments, routes, etc.)
	Commercial et institutionnel	Émissions provenant de combustible consommé par :
		– industries de services reliés à l'exploitation minière, les communications, la vente au détail et en gros, les services financiers et d'assurances, l'immobilier, l'éducation, etc.;
		– établissements fédéraux, provinciaux et municipaux;
		– défense nationale et Garde côtière canadienne;
		– gares, aéroports et entrepôts.
	Résidentiel	Émissions provenant de combustible consommé par les résidences personnelles (maisons, résidences hôtelières, immeubles en copropriété et maisons de ferme).
	Agriculture et foresterie	Émissions provenant de combustible consommé par :
		– exploitation forestière et services connexes;
		– industrie de l'agriculture, de la chasse et du piégeage (à l'exclusion de la transformation des aliments ainsi que de la fabrication et de la réparation de la machinerie agricole).
b.	**Transports**	Émissions provenant de :
	Transport aérien	– la consommation de combustibles fossiles par les aéronefs civils effectuant des vols intérieurs et par toutes les opérations des aéronefs militaires utilisant du carburant acheté au Canada;
	Transport aérien intérieur (civil)	– la consommation de combustibles fossiles par les aéronefs civils effectuant des vols intérieurs avec du carburant acheté au Canada;
	Militaire	– la consommation de combustibles fossiles par les opérations des aéronefs militaires avec du carburant acheté au Canada;
	Transport routier	– la consommation de combustibles par les véhicules qui sont autorisés à circuler sur les routes (excluant les émissions biogènes de CO_2 provenant de la consommation d'éthanol et de biodiesel);
	Véhicules légers à essence	– la consommation d'essence (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes provenant de l'éthanol) par les voitures particulières;
	Camions légers à essence	– la consommation d'essence (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes provenant de l'éthanol) par les camions, les camionnettes et les véhicules utilitaires sport dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est inférieur à 3856 kg;
	Véhicules lourds à essence	– la consommation d'essence (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes provenant de l'éthanol) par les camions, les camionnettes et les véhicules utilitaires sport dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est supérieur ou égal à 3856 kg;
	Motocyclettes	– la consommation d'essence (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes provenant de l'éthanol) par les motocyclettes autorisées à circuler sur les routes;
	Véhicules légers à moteur diesel	– la consommation de moteur diesel (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes du biodiesel) par les voitures particulières autorisées à circuler sur les routes;
	Camions légers à moteur diesel	– la consommation de moteur diesel (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes du biodiesel) par les camions, les camionnettes et les véhicules utilitaires sport dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est inférieur à 3856 kg;
	Véhicules lourds à moteur diesel	– la consommation de moteur diesel (à l'exclusion des émissions de CO_2 biogènes du biodiesel) par les camions, les camionnettes et les véhicules utilitaires sport dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est supérieur ou égal à 3856 kg;
	Véhicules au propane ou au gaz naturel	– la consommation de propane et de gaz naturel par les véhicules autorisés à circuler sur les routes;
	Transport ferroviaire	– la consommation de combustibles par le transport ferroviaire canadien (excluant les émissions biogènes de CO_2 provenant de la consommation d'éthanol et de biodiesel);
	Transport maritime	– la consommation de combustibles (excluant les émissions biogènes de CO_2 provenant de la consommation d'éthanol et de biodiesel) par des navires naviguant entre les ports canadiens (y compris toutes les opérations de pêche et militaires);
	Transport maritime intérieur	– la consommation de carburants (à l'exclusion des émissions biogènes de CO_2 provenant de l'éthanol et du biodiesel) par les navires naviguant entre les ports canadiens;
	Pêches	– la consommation de carburants (à l'exclusion des émissions biogènes de CO_2 provenant de l'éthanol et du biodiesel) par les navires de pêche opérant dans les eaux canadiennes
	Transport maritime militaire	– la consommation de carburants (à l'exclusion des émissions biogènes de CO_2 provenant de l'éthanol et du biodiesel) par les navires militaires opérant dans les eaux canadiennes;
	Autres – Véhicules hors route	– la consommation de combustibles par les appareils de combustion mobiles qui ne sont pas autorisés à circuler sur les routes (excluant les émissions biogènes de CO_2 provenant de la consommation d'éthanol et de biodiesel);
	Autres – Transport par pipeline	– des modes de transport et de distribution du pétrole brut, du gaz naturel, du pétrole raffiné et d'autres produits.
c.	**Sources fugitives**	Les rejets de gaz à effet de serre, intentionnels ou non, provenant des activités suivantes :
	Exploitation de la houille	– exploitation minière souterraine et à ciel ouvert, mines de charbon souterraines abandonnées;
	Pétrole et gaz naturel	– exploration, production, transport et distribution du pétrole et du gaz classiques et non classiques;
	Pétrole	– rejets non intentionnels de gaz à effet de serre provenant de la production, du traitement, du transport, du stockage et de la livraison de pétrole brut;
	Gaz naturel	– rejets non intentionnels de gaz à effet de serre provenant de la production, du traitement, du transport, du stockage et de la livraison de gaz naturel (incluant les émissions fugitives en aval des compteurs de gaz naturel, provenant des appareils résidentiels et commerciaux au gaz naturel, des véhicules au gaz naturel et des installations industrielles);
	Évacuation	– rejets intentionnels de gaz à effet de serre dans les installations pétrolières et gazières;
	Torchage	– élimination de routine ou d'urgence de gaz résiduaires par combustion de flamme ouverte ou par un incinérateur dans les installations de pétrole et de gaz naturel.
d.	**Transport et stockage du CO_2**	Émissions intentionnelles et non intentionnelles de gaz à effet de serre dues au transport et au stockage du dioxyde de carbone.

Tableau 1–3 **Descriptions des catégories de sources et de puits de GES par secteur du GIEC** (suite)

Catégories de sources et de puits de GES		Description
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS		Émissions provenant des activités de production suivantes :
a.	**Produits minéraux**	– la production de ciment, la production de chaux et l'utilisation de produits minéraux (ce qui inclut la production de verre, les autres utilisations de carbonate de sodium, la production de magnésie non métallurgique et d'autres utilisations de calcaire et de dolomite);
b.	**Industries chimiques**	– la production d'ammoniac, d'acide nitrique, d'acide adipique, de carbure et de produits pétrochimiques. La production de produits pétrochimiques comprend la production de noir de carbone, de dichlorure d'éthylène, d'éthylène, d'oxyde d'éthylène, de méthanol, de styrène et d'autres utilisations de l'urée;
c.	**Production de métaux**	– la production d'aluminium, production sidérurgique, production et moulage de magnésium, et production de terres rares;
d.	**Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3**	– production de sous-produits de HFC-23 provenant de la production de HCFC-22; utilisation de HFC ou de PFC dans les appareils de climatisation et de réfrigération, les extincteurs, les aérosols, les solvants, le gonflement de la mousse, la fabrication de semi-conducteurs et l'industrie de l'électronique, et utilisation de SF_6 et NF_3 dans la fabrication de semi-conducteurs;
e.	**Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant**	– l'utilisation non énergétique des combustibles fossiles (y compris les solvants et les lubrifiants) qui ne sont pas comptabilisés ailleurs dans le secteur des procédés industriels et utilisation des produits, et l'utilisation de l'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (RSC);
f.	**Fabrication et utilisation d'autres produits**	– l'utilisation de N_2O comme anesthésique et agent propulseur; utilisation de SF_6 dans les équipements électriques; et utilisation de PFC dans d'autres produits confinés utilisés comme agents réfrigérants diélectriques ou isolants électriques.
AGRICULTURE		Émissions provenant de :
a.	**Fermentation entérique**	– éructation de CH_4 au cours de la digestion de matériel végétal (principalement) par les ruminants;
b.	**Gestion des fumiers**	– rejet de CH_4 et de N_2O causé par l'activité microbienne pendant l'entreposage des matières fécales, de l'urine et des matériaux de litière à la suite du nettoyage des granges et des enclos;
	Sols agricoles	– émissions indirectes de N_2O provenant de la volatilisation et du lessivage de l'azote des fumiers pendant le stockage;
c.	**Sources directes**	– émissions directes de N_2O des engrais azotés inorganiques, des fumiers et biosolides appliqués sur les terres agricoles, des pâturages, grands parcours et enclos, des résidus de culture, de la perte de carbone organique dans le sol, du labourage, de l'irrigation et de la culture des sols organiques;
	Sources indirectes	– émissions indirectes de N_2O de la volatilisation et du lessivage de l'azote et des biosolides des fumiers, des engrais azotés inorganiques et des résidus de cultures;
	Brûlage des résidus agricoles dans les champs	– émissions de CH_4 et de N_2O du brûlage des résidus de récolte;
d.	**Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés**	– émissions directes de CO_2 provenant du chaulage, de l'application d'urée et d'autres engrais carbonés.
e.	**Liming, Urea Application and Other Carbon-Containing Fertilizers**	– direct emissions of CO_2 from the application of lime, urea and other fertilizers containing carbon
DÉCHETS		Émissions provenant des sous-secteurs suivants :
a.	**Sites d'enfouissement**	– élimination des déchets dans les sites d'enfouissement;
	Sites d'enfouissement municipaux	– enfouissement des déchets solides municipaux et boues provenant des eaux usées dans les sites d'enfouissement;
	Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	– sites d'enfouissement dédiés aux déchets de bois.
b.	**Traitement biologique des déchets solides**	– compostage et digestion anaérobie par les installations municipales et industrielles, comprenant les déchets solides municipaux, les biosolides, les fumiers et/ou les déchets de jardin qui sont apportés sur place, y compris les émissions provenant du compostage domestique;
c.	**Incinération et combustion à l'air libre de déchets**	– déchets solides municipaux, dangereux et cliniques, et incinération des boues d'épuration et des déchets résidentiels;
d.	**Traitement et rejet des eaux usées**	– traitement des eaux usées municipales et industrielles;
	Traitement et rejet des eaux usées municipaux	– émissions provenant du traitement des eaux usées dans les stations d'épuration municipales et des rejets d'effluents;
	Traitement et rejet des eaux usées industriels	– émissions provenant du traitement des eaux usées des sites industriels avec traitement sur site et des rejets d'effluents;
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		Émissions et absorptions provenant des :
a.	**Terres forestières**	– forêts aménagées et terres converties en forêts; présentant les sources et les puits provenant de la croissance des forêts et des perturbations anthropiques liées à l'aménagement forestier et aux transferts vers les produits ligneux récoltés (PLR), mais présentant séparément les sources et les puits provenant des incendies et de la majorité des perturbations à cause des insectes;
b.	**Terres cultivées**	– pratiques d'aménagement des terres exploitées en cultures annuelles et pérennes (fourrage, cultures spécialisées et vergers); carbone organique du sol (COS) influencé par les variations de la productivité des cultures et l'épandage de fumier; émissions immédiates et résiduelles des terres converties en terres cultivées;
c.	**Prairies**	– prairies agricoles aménagées;
d.	**Terres humides**	– tourbières perturbées par l'extraction de ressources, ou les terres converties en zones inondées à la suite du développement de réservoirs hydroélectriques ou non hydroélectriques;
e.	**Établissements**	– forêts et prairies converties en terres aménagées (zones de peuplement, infrastructures de transport, infrastructures gazière et pétrolière, exploitation minière, etc.); croissance des arbres en milieu urbain;
f.	**Produits ligneux récoltés**	– fluctuations dans le stockage du carbone pendant l'utilisation et l'élimination des produits ligneux récoltés, fabriqués à partir de bois provenant des activités de récolte forestière, de conversion des forêts et de récolte de bois de chauffage au Canada.

Tableau 1–4 **Description des secteurs économiques canadiens**

Secteurs économiques	Description
PÉTROLE ET GAZ	
Industrie du pétrole et du gaz en amont	Émissions fugitives et émissions attribuables à la combustion fixe, au transport sur place, à la production d'électricité et de vapeur, et aux procédés provenant de :
Production et traitement du gaz naturel	– production et transformation de gaz naturel.
Production de pétrole classique	Émissions provenant de :
Production de pétrole léger classique	– production de pétrole brut léger classique;
Production de pétrole lourd classique	– production de pétrole brut lourd classique, y compris l'extraction primaire dans des zones désignées de sables bitumineux;
Production de pétrole des régions pionnières	– production extracôtière et dans l'Arctique de pétrole brut.
Sables bitumineux et production de pétrole lourd thermique	Émissions fugitives et émissions attribuables à la combustion fixe, au transport sur place, à la production d'électricité et de vapeur, et aux procédés provenant de :
Exploitation minière et extraction	– exploitation minière et extraction de bitume naturel;
Extraction thermique in situ	– extraction thermique in situ de bitume naturel et de pétrole lourd, y compris la stimulation cyclique par la vapeur d'eau, le drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV) et d'autres techniques expérimentales;
Valorisation	– valorisation du bitume naturel et du pétrole lourd en vue de produire du pétrole brut synthétique.
Transport du pétrole, du gaz naturel et du CO_2	Émissions fugitives et émissions de combustion provenant du transport et du stockage de pétrole brut et de gaz naturel.
Industrie du pétrole et du gaz en aval	Émissions provenant de :
Raffinage du pétrole	– émissions fugitives et émissions attribuables à la combustion fixe, au transport sur place, à la production d'électricité et de vapeur, et aux procédés provenant des industries de raffinage du pétrole;
Distribution du gaz naturel	– émissions fugitives et émissions de combustion provenant de la distribution locale de gaz naturel jusqu'au compteur de gaz naturel, incluant ce dernier.
ÉLECTRICITÉ	Émissions de combustion et de procédés provenant de la production et transmission d'électricité des services publics et de vapeur (pour la vente). Les centrales de cogénération des services publics se trouvant sur des sites industriels sont exclues. Inclus les fuites non intentionnelles reliées à la consommation de gaz naturel en aval des compteurs.
TRANSPORTS	Émissions de sources mobiles, y compris toutes les émissions de combustibles fossiles et de gaz autres que le CO_2 provenant des biocarburants. Inclus les fuites non intentionnelles, en aval des compteurs, des véhicules au gaz naturel.
Transport de passagers	Émissions de combustion, de procédés et de frigorigènes des véhicules utilisés principalement pour le transport de passagers.
Voitures, camions légers et motocyclettes	– les voitures, camions et motos légers dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est inférieur à 3856 kg;
Transport par autobus, par train, maritime et aérien	– tous les autobus et transport ferroviaire, maritime et aérien de passagers;
Transport de marchandises	Émissions de combustion, de procédés et de frigorigènes des véhicules utilisés principalement pour le transport de marchandises ou de fret;
Camions lourds, trains	– les véhicules dont le poids nominal brut du véhicule (PNBV) est supérieur ou égal à 3856 kg. Comprend également la composante fret du ferroviaire;
Transport aérien et transport maritime	– transport aérien de marchandises et transport maritime intérieur (incluant toutes les opérations de pêche et militaires)
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	Émissions de combustion provenant de l'usage non-industriel de véhicules récréatifs hors-route (ex. : VTT, motoneiges, motomarines), incluant également les moteurs portatifs (ex. : génératrices, tondeuses, tronçonneuses) et les fuites non intentionnelles des moteurs à gaz naturel en aval des compteurs.
INDUSTRIE LOURDE	Émissions attribuables à la combustion fixe, au transport sur place, à la production d'électricité et de vapeur, aux procédés et incluant les fuites non intentionnelles reliées à la consommation de gaz naturel en aval des compteurs de gaz provenant de :
Exploitation minière	– mines de métaux et de non-métaux, carrières de pierre et de gravier;
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	– métaux non ferreux (production d'aluminium, de magnésium, des terres rares et autre production);
Pâtes et papiers	– pâtes et papiers (surtout la fabrication de pâtes, de papiers et de produits de papier);
Sidérurgie	– sidérurgie (bouletage du minerai de fer, production de fer primaire à partir de hauts fourneaux et d'éponge de fer, et production d'acier primaire à partir de fourneaux électriques à arc et de convertisseurs basiques à oxygène)
Ciment	– production de ciment et autres produits minéraux non métalliques
Chaux et gypse	– fabrication de chaux et de produits en gypse
Produits chimiques, engrais et fabrication de biocombustibles	– produits chimiques (fabrication d'engrais, fabrication de produits chimiques organiques et inorganiques) et fabrication de biocombustibles
BÂTIMENTS	Émissions attribuables à la combustion fixe et aux procédés (c.-à-d. climatisation), incluant les fuites non intentionnelles en aval des compteurs, des appareils fonctionnant au gaz naturel, provenant de :
Industrie des services	– industrie des services reliés à l'extraction minière, aux communications, au commerce de gros et de détail, à la finance et aux assurances, à l'immobilier, à l'éducation, etc.; bureaux, santé, arts, hébergement, restauration, information et culture; établissements fédéraux, provinciaux et municipaux; Défense nationale et Garde côtière canadienne; gares ferroviaires, aéroports et entrepôts;
Résidentiel	– résidences personnelles (maisons, résidences hôtelières, immeubles en copropriété et maisons de ferme).
AGRICULTURE	Émissions provenant de :
Utilisation de combustibles à la ferme	– émissions attribuables à la combustion fixe, au transport sur place et aux procédés de l'industrie de l'agriculture, de la chasse et du piégeage (à l'exclusion de la transformation des aliments ainsi que de la fabrication et de la réparation de la machinerie agricole); inclus les fuites non intentionnelles reliées à la consommation de gaz naturel en aval des compteurs;
Cultures	– épandage de biosolides et d'engrais azotés inorganiques, décomposition des résidus de culture, perte de carbone organique dans le sol, travail des sols organiques, émissions indirectes résultantes du lessivage et de la volatilisation, du brûlage des résidus organiques dans les champs, du chaulage et de l'application d'urée;
Élevage	– bâtiments d'élevage, stockage du fumier, fumier déposé par des animaux en pâturag et épandage de fumier sur les sols gérés.
DÉCHETS	Émissions, autres que CO_2, provenant de la biomasse :
Déchets solides	– sites d'enfouissement municipaux, sites d'enfouissement des déchets de bois et autre traitement des déchets solides municipaux
Eaux usées	– traitement des eaux usées municipales et industrielles
Incinération des déchets	– incinération des déchets solides municipaux, des déchets dangereux, des déchets cliniques et des boues d'épuration
PRODUCTION DE CHARBON	Émissions fugitives et émissions attribuables à la combustion fixe et au transport sur place provenant des mines de charbon souterraines et à ciel ouvert. Inclus les fuites non intentionnelles reliées à la consommation de gaz naturel en aval des compteurs.
INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE LÉGÈRE, CONSTRUCTION ET EXPLOITATION FORESTIÈRE	Émissions attribuables à la combustion fixe, au transport sur place, à la production d'électricité et de vapeur, et aux procédés, incluant les fuites non intentionnelles reliées à la consommation de gaz naturel en aval des compteurs, provenant de (à l'exception du secteur ATCATF) :
Industrie manufacturière légère	– toutes les autres industries manufacturières ne figurant pas dans les catégories d'industrie manufacturière légère, construction et exploitation forestière énumérées ci-dessus;
Construction	– construction de bâtiments, routes, etc.;
Ressources forestières	– exploitation forestière et services connexes.

Les Lignes directrices 2006 du GIEC et la Révision 2019 des Lignes directrices (GIEC, 2006, 2019) définissent des niveaux représentant le degré de complexité méthodologique et d'exigences en matière de données s'appliquant aux estimations d'émissions. Le Niveau 1 désigne le plus simple, le Niveau 2 le degré intermédiaire et le Niveau 3, le plus complexe et exigeant. Le choix du niveau peut se baser sur plusieurs facteurs, mais il est recommandé de recourir à des méthodes de niveau élevé dans les catégories clés. Des arbres décisionnels propres aux catégories se trouvent dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour guider ce choix. Les catégories clés sont résumées dans le Sommaire et se trouvent à l'Annexe 1. Les niveaux de méthodologie ayant servi à estimer chacune des catégories de GES sont résumés dans le Tableau 1–5. Pour des précisions sur la méthodologie, voir l'Annexe 3.

Tableau 1–5 **Sommaire des niveaux de méthodologie employés dans le RIN par catégorie**

Catégories de GES		Niveau de méthodologie
ÉNERGIE		
a.	**Sources de combustion fixes**	
	Production d'électricité et de chaleur du secteur public	2,3
	Industries de raffinage de pétrole	2
	Extraction de pétrole et de gaz	2
	Production de charbon	2
	Fabrication de biocombustibles	2
	Exploitation minière et extraction en carrière	2
	Industries manufacturières	2,3
	Construction	2
	Commercial et institutionnel	2
	Résidentiel	2
	Agriculture et foresterie	2
b.	**Transports**	
	Transport aérien	2,3
	Transport routier	2,3
	Transport ferroviaire	1,2
	Transport maritime	1,2
	Autres moyens de transport	2,3
c.	**Sources fugitives**	
	Exploitation de la houille	2,3
	Pétrole et gaz naturel	2,3
d.	**Transport et stockage du CO_2**	**1,3**
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS		
a.	**Produits minéraux**	
	Production du ciment	2,3
	Production de chaux	2,3
	Utilisation de produits minéraux	1,2,3
b.	**Industrie chimique**	
	Production d'ammoniac	2,3
	Production d'acide nitrique	1,2,3
	Production d'acide adipique	1,2,3
	Production pétrochimique et de noir de carbone	1,2,3
c.	**Production de métaux**	
	Production sidérurgique	1,2,3
	Production d'aluminium	2,3
	Production de magnésium et d'autres métaux	1,2
d.	**Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3**	**1,2**
e.	**Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant**	**1**
f.	**Fabrication et utilisation d'autres produits**	**1,3**
AGRICULTURE		
a.	**Fermentation entérique**	**1,2**
b.	**Gestion des fumiers**	**1,2**
c.	**Sols agricoles**	**1,2**
d.	**Incinération des résidus agricoles dans les champs**	**1**
e.	**Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés**	**1**
DÉCHETS		
a.	**Sites d'enfouissement**	**2**
b.	**Traitement biologique des déchets solides**	**3**
c.	**Incinération et combustion à l'air libre de déchets**	**1,2,3**
d.	**Traitement et rejet des eaux usées**	**2,3**
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		
a.	**Terres forestières**	**1,3**
b.	**Terres cultivées**	**1,2**
c.	**Prairies**	**1**
d.	**Terres humides**	**2**
e.	**Établissements**	**2,3**
f.	**Produits ligneux récoltés**	**3**

Les émissions et les absorptions sont généralement calculées ou estimées à l'aide de la méthode du bilan massique, de la stœchiométrie ou du coefficient d'émission dans des conditions moyennes. Dans bien des cas, les données sur les activités sont associées aux CE moyens pour établir un inventaire national « descendant ». Des estimations régionales à grande échelle, basées sur des conditions moyennes, sont établies pour les sources diffuses, comme les transports.

Les émissions et les absorptions du secteur ATCATF se basent surtout sur des liens empiriques estimant les processus biologiques, tels que la décomposition et la photosynthèse, selon l'influence qu'ils subissent de la part des facteurs écologiques et climatiques. Les terres aménagées suivies dans le secteur ATCATF, comme les terres agricoles, les forêts et les terres converties en d'autres usages, sont des sources ou des puits répartis sur de grandes superficies. Les processus qui entraînent des émissions ou des absorptions affichent une variabilité spatiale et interannuelle considérable, en plus de s'échelonner sur plusieurs années, voire des décennies. Ces systèmes exigent des mesures répétées associées à de la modélisation pour estimer les émissions et les absorptions. Une vigilance constante fait en sorte que les méthodes dans le secteur des terres représentent les dernières données et explications scientifiques sur ces processus. La nécessité de séparer les effets anthropiques des vastes flux naturels, unique à ces systèmes, représente un défi supplémentaire.

Les méthodes actuelles (Annexe 3) et les coefficients d'émissions (Annexe 6) sont les meilleurs à ce jour compte tenu des données sur les activités existantes. Il existe souvent des limites à l'utilisation de méthodes ou de CE plus exacts en raison du manque de données sur les activités. Avec le temps, bon nombre de méthodes ont été révisées et améliorées, et de nouvelles sources ont aussi été ajoutées à l'inventaire.

Les améliorations apportées à la méthodologie et aux données, qui tiennent compte des résultats des procédures d'AQ/CQ, des examens et des vérifications, sont planifiées et mises en œuvre en continu. La mise en œuvre des améliorations prévues s'étend souvent sur plusieurs années. Ces activités sont menées dans le but d'améliorer encore plus la transparence, l'exhaustivité, la précision, l'uniformité et la comparabilité de l'inventaire national. Les changements qui touchent ainsi les données ou les méthodes conduisent souvent à des recalculs dans les estimations des GES pour la totalité des séries chronologiques allant de 1990 à l'année la plus récente. Le Chapitre 8 présente plus en détail les recalculs, ainsi que les améliorations prévues et apportées à l'inventaire.

1.3.1. Traitement des questions de confidentialité

Les données servant à compiler l'inventaire national sont généralement tirées de sources publiques et publiées, mais certaines exigent la confidentialité à des fins de protection. Durant la préparation de l'inventaire, des procédures sont en place pour assurer la confidentialité des données sur les sources, si nécessaire. Par exemple, certaines émissions sont regroupées à un niveau permettant d'éliminer les questions de confidentialité; par exemple, dans certains cas, les émissions issues de la catégorie des Terres cultivées sont regroupées avec les zones de déclaration avoisinantes afin de protéger les données confidentielles. Ces procédures sont documentées, et les données confidentielles sur les sources sont protégées et archivées en conséquence.

En ce qui concerne les données reçues de Statistique Canada servant à estimer les émissions de GES dans les secteurs de l'Énergie et des PIUP, les protocoles de confidentialité sont appliqués aux estimations des GES avant leur présentation à la CCNUCC. Cette mesure empêche les données statistiques agrégées divulguées ou publiées d'identifier directement ou indirectement un particulier, une entreprise ou une organisation, conformément à l'entente de partage des données conclue entre Statistique Canada et ECCC. En outre, en ce qui concerne les données déclarées par les installations recueillies directement par ECCC par l'entremise du PDGES et servant à établir certaines estimations de l'inventaire, elles sont agrégées au besoin pour empêcher la divulgation des renseignements considérés comme confidentiels propres à chaque installation (si la confidentialité est justifiée de façon appropriée).

1.4. Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification

Les procédures d'AQ/CQ et de vérification font partie intégrante du processus de production et de présentation des inventaires. Le Canada, en se fondant sur elles, peut respecter les MPL en matière de transparence, d'uniformité, de comparabilité, d'exhaustivité et de précision et, parallèlement, améliorer de façon continue les données et les méthodes afin de produire un inventaire crédible et valable.

1.4.1. Aperçu du système de gestion de la qualité du Canada

L'élaboration de l'inventaire des GES du Canada se base sur un processus continu de collecte des données, d'ajustement des méthodes et d'examen. Les procédures d'AQ/CQ se déroulent à toutes les étapes du cycle d'élaboration de l'inventaire. Dans le but de s'assurer qu'un inventaire de haute qualité est produit chaque année, un système de gestion de la qualité de l'inventaire national a été élaboré et mis en œuvre pour la compilation et la publication annuelles de l'inventaire national des GES. Le système de gestion de la qualité comprend un plan d'AQ/CQ, des modules de planification et de gouvernance, des processus de documentation et d'archivage de l'information, un processus normalisé pour la mise en œuvre des changements de méthodes ainsi qu'un échéancier pour la réalisation des diverses tâches et activités liées au RIN. Des informations supplémentaires sur les activités d'AQ/CQ et de vérification se trouvent dans les chapitres 3 à 7.

1.4.2. Plan d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité du Canada

Le plan d'AQ/CQ du Canada utilise une approche intégrée pour la gestion de la qualité de l'inventaire et est axé sur l'amélioration continue des estimations des émissions et des absorptions. Le plan est conçu pour permettre l'application des procédures d'AQ/CQ et de vérification tout au long du processus de préparation de l'inventaire, de la collecte des données initiales à la publication du RIN en français et en anglais, en passant par la détermination des estimations des émissions et des absorptions. Des vérifications de CQ ont lieu au cours de chaque étape et sont archivées avec les autres documents de procédure et de méthodologie, par catégorie d'inventaire et année de présentation.

1.4.2.1. Procédures de contrôle de la qualité

Les procédures de CQ comprennent des vérifications techniques périodiques visant à 1) mesurer et contrôler la qualité de l'inventaire, 2) garantir la cohérence, l'intégrité, l'exactitude et l'exhaustivité des données et 3) déceler les erreurs et les omissions pour y remédier. Les procédures de CQ utilisées durant le cycle d'élaboration de l'inventaire ciblent un vaste éventail de processus, dont l'acquisition et la manipulation des données, l'application des procédures et méthodes approuvées, et le calcul des estimations et leur documentation.

Chaque année, des experts en matière d'inventaire effectuent une série de vérifications systématiques de la qualité de Niveau 1, et ce, pour les catégories clés et pour tous les secteurs, conformément à la section 6.6 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Avant la présentation du rapport, les documents finaux du RIN (en français et en anglais) font l'objet de CQ intersectoriels, le compilateur et l'examinateur de l'inventaire effectuent des CQ sur les données saisies dans l'outil en ligne des TCD, et les experts des secteurs examinent les tableaux, et ce, pour la série chronologique complète des tableaux des TCD. Les procédures de CQ de Niveau 1 propres aux catégories complètent les procédures de CQ pour l'inventaire général et visent des types précis de données. Ces procédures requièrent une connaissance de la catégorie précise, y compris des méthodologies, des types de données existantes et des paramètres associés aux émissions ou aux absorptions. Pour faciliter ces vérifications de Niveau 1, les experts participant à l'inventaire mettent au point des plans de CQ annuels propres à chaque secteur et exigent des attestations d'achèvement de la part des gestionnaires de sections à l'étape de la compilation de l'inventaire.

Quant aux procédures de CQ de Niveau 2, leur évaluation est une occasion d'examiner de façon critique une ou plusieurs catégories spécifiques. Une évaluation complète est nécessaire pour s'assurer que la ou les catégories concernées demeurent actuelles et pertinentes pendant plusieurs années suivant celle de l'analyse. Cet examen, dont la portée est généralement vaste, utilise diverses approches propres aux secteurs, notamment la réalisation d'évaluations de l'applicabilité continue des méthodes, des CE, des données sur les activités, de l'incertitude, et d'autres éléments, et la mise en place des fondements pour les activités à venir, par l'élaboration et la priorisation des recommandations en matière d'améliorations. Les vérifications du contrôle de la qualité de Niveau 2 peuvent être documentées par une liste de vérification normalisée ou une étude en profondeur fournissant une évaluation complète dans le cadre des activités d'amélioration continue.

1.4.2.2. Procédures d'assurance de la qualité

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), les activités d'AQ reposent sur un système planifié de procédures d'examen menées par des membres du personnel qui ne participent pas directement au processus de compilation ou d'élaboration de l'inventaire, procédures exécutées en même temps que les procédures de CQ. Le processus d'AQ permet de s'assurer que l'inventaire contient les meilleures estimations possibles des émissions et des absorptions, en fonction de l'état actuel des connaissances scientifiques et de la disponibilité des données et qu'il améliore l'efficacité du programme de CQ. À tous les ans, divers groupes d'experts et de membres de l'industrie provenant des gouvernements provinciaux, d'autres ministères fédéraux et du milieu universitaire évaluent indépendamment certaines données et méthodes sous-jacentes.

1.4.2.3. Vérification

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (Chapitre 6.10 du Volume 1 du GIEC, 2006), les activités de vérification de l'inventaire consistent généralement à comparer les estimations de l'inventaire avec des estimations indépendantes, soit pour confirmer le caractère raisonnable des estimations de l'inventaire, soit pour déceler les écarts importants. Pour que les comparaisons soient appropriées, il faut que des données (p. ex. ensembles de données, CE ou données sur les activités) existent et qu'elles puissent être comparées de façon significative aux estimations de l'inventaire. C'est pourquoi les activités de vérification portent souvent sur des sous-ensembles des catégories de l'inventaire. L'uniformité entre les estimations de l'inventaire national et les estimations indépendantes fait augmenter le niveau de confiance et de fiabilité associé aux estimations de l'inventaire.

1.4.3. Planification et priorisation des améliorations

Les améliorations peuvent provenir de diverses sources externes et internes. Par exemple, à la fin de l'examen annuel approfondi de l'inventaire des GES du Canada, des équipes d'experts chargées de l'examen technique (EEET) fournissent des commentaires et des recommandations sur tout problème relatif aux méthodes ou aux procédures. Ces recommandations portent habituellement sur des façons d'améliorer la conformité de l'inventaire aux principes directeurs en matière de transparence, d'uniformité, de comparabilité, d'exhaustivité et de précision. Outre les améliorations proposées par les EEET, l'équipe de l'inventaire des GES est aussi encouragée à tirer parti de ses connaissances et de son expérience en élaboration des estimations de l'inventaire pour déterminer les aspects à améliorer à l'avenir, en prenant en considération les avancées scientifiques, les nouvelles approches de modélisation et les dernières sources de données sur les activités.

Le Canada identifie, suit, planifie et priorise les améliorations à apporter aux estimations des émissions (y compris les données sur les activités sous-jacentes, les CE et les méthodes) et aux éléments des dispositions relatives à l'inventaire national (notamment le plan d'AQ/CQ, l'infrastructure et la gestion des données, les processus d'archivage, l'analyse des incertitudes et l'évaluation des catégories clés). L'équipe concernée établit la priorité des améliorations selon les résultats des activités d'AQ/CQ et de vérification, l'analyse des catégories clés et des incertitudes, la disponibilité des ressources et l'évaluation des répercussions possibles. Des renseignements supplémentaires sur les améliorations apportées à l'inventaire se trouvent au Chapitre 8.

1.4.4. Programme de déclaration de gaz à effet de serre

En mars 2004, le gouvernement du Canada a mis sur pied le PDGES pour recueillir chaque année des données sur les émissions de GES provenant des installations de partout au pays. Dans le cadre de ce programme de déclaration obligatoire, les exigences sont décrites dans l'avis juridique émis conformément au paragraphe 46(1) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* (Canada, 1999) et publié tous les deux ans dans la *Gazette du Canada*[12]. Le PDGES, élaboré et administré par ECCC, permet au gouvernement du Canada de suivre en continu les émissions de GES de chaque installation pour éclairer le public, améliorer l'inventaire national de GES et orienter les initiatives en matière de réglementation.

Les exigences particulières dans le cadre du PDGES ont été modifiées ou progressivement étendues au cours de deux ans (en 2017 et 2018) pour permettre l'utilisation directe des données déclarées dans l'inventaire national des GES, accroître l'uniformité et la comparabilité des données sur les émissions de GES déclarées dans l'ensemble des provinces et territoires et brosser un tableau plus complet des émissions à l'échelle des installations canadiennes. À partir de 2017, le seuil de déclaration a été abaissé pour exiger de toutes les installations dont les émissions annuelles de GES dépassent 10 kt d'éq. CO_2 qu'elles déclarent leurs émissions. De plus, de nouvelles exigences ont été ajoutées pour toute installation participant à la capture, au transport, à l'injection ou au stockage géologique, exigences consistant à déclarer certains renseignements précis sur ces activités. Les installations de 13 secteurs industriels (la liste complète se trouve sur le site Web du PDGES) devaient également commencer à utiliser les méthodes présentées dans le guide *Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada* (ECCC, 2023b) pour quantifier leurs émissions et à fournir des informations supplémentaires sur leurs calculs. Depuis 2022, des modifications annuelles ont été introduites au programme; les exigences élargies concernant les secteurs et les activités indiquées ci-dessus ont été maintenues, alors que certaines modifications conçues pour améliorer l'intégration des données déclarées par les installations (DDI) à l'inventaire national sur les GES ont été mises en œuvre. L'avis exigeant la déclaration des émissions produites en 2024 et 2025 a été révisé en décembre 2025 pour prolonger la déclaration jusqu'en 2026. ECCC continue d'évaluer les changements potentiels dans le cadre du PDGES et envisage un élargissement dans les années à venir.

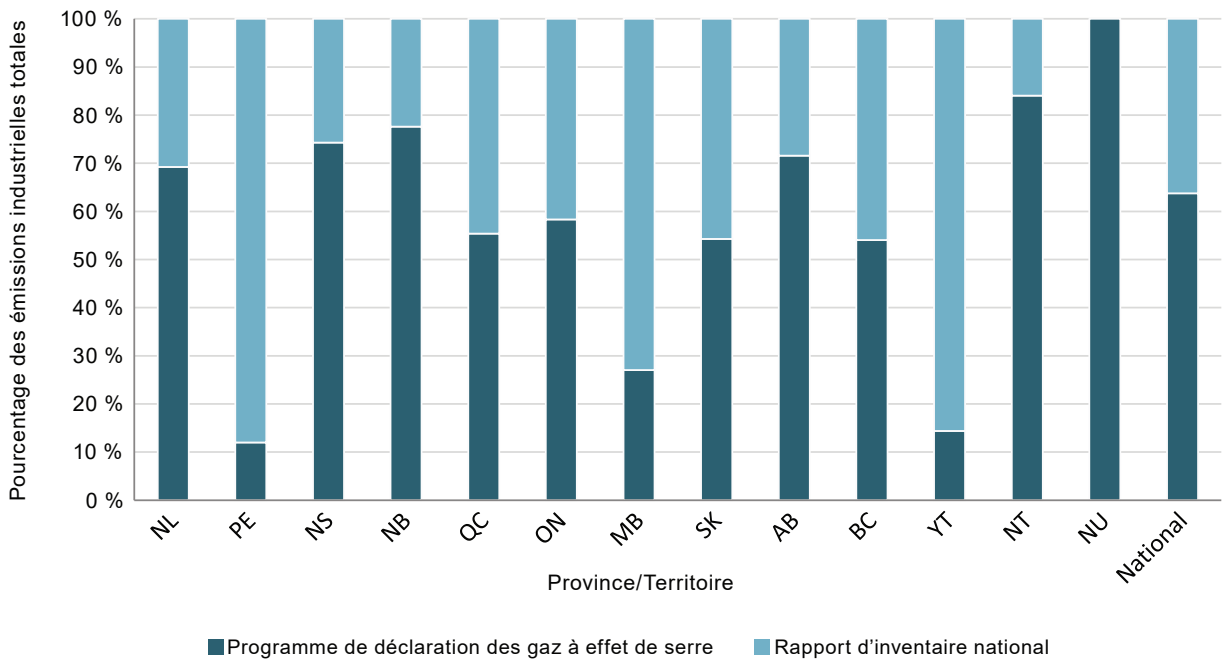
12 L'avis publié dans la *Gazette du Canada* qui exige la déclaration des renseignements sur les émissions de 2024 et 2025 est disponible à l'adresse suivante : https://gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2023/2023-12-09/html/sup1-fra.html.

Les installations non visées par l'élargissement peuvent choisir la méthode de quantification qui convient le mieux à leur industrie ou à leur fonctionnement. Cependant, ces méthodes d'estimations des émissions doivent respecter les lignes directrices élaborées par le GIEC et adoptées par la CCNUCC pour la préparation des inventaires nationaux des GES. Les déclarations volontaires des installations dont les émissions de GES sont inférieures au seuil de déclaration de 10 kt sont également acceptées.

Jusqu'ici, les données sur les émissions de GES déclarées par les installations ont été recueillies et publiées dans le cadre du PDGES pour la période s'échelonnant de 2004 à 2024. En 2024, 1 879 installations au total (la plupart industrielles ou de fabrication à grande échelle) ont déclaré leurs émissions de GES dans le cadre du programme. Le site Web du PDGES[13] donne au public l'accès à ces données sur les émissions de GES (totaux d'émissions par gaz par installation).

Il est important de noter que le PDGES s'applique à des sources d'émissions précises qui existent dans les installations émettrices de GES et n'englobe pas les autres sources de GES (p. ex., le transport routier, la combustion résidentielle de combustibles et l'agriculture), contrairement au rapport d'inventaire national, qui regroupe l'ensemble des sources et des puits au Canada. En 2024, les émissions totales de GES déclarées par les installations représentaient 44 % des émissions totales de GES du Canada, soit 685 Mt, et 65 % des émissions de GES du secteur industriel du Canada. La proportion des émissions du secteur industriel que représentent les DDI dans chaque province varie de façon importante, selon la taille et le nombre d'installations dont les émissions dépassent le seuil de déclaration de 10 kt dans chaque province (Figure 1–5).

Figure 1–5 **Émissions déclarées par les installations, en pourcentage des émissions industrielles de gaz à effet de serre, par province et territoire pour 2024**



Notes :
Les émissions industrielles de GES du Canada comprennent les catégories de GES suivantes dans le *Rapport d'inventaire national 1990–2024 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* : Sources de combustion fixes (sauf Résidentiel), Autres moyens de transport, Sources fugitives, Procédés industriels et utilisation des produits, et Déchets.

13 Le PDGES se trouve à l'adresse suivante : www.canada.ca/declaration-ges.

Le PDGES fournit aux Canadiens de l'information sur les grands émetteurs de GES partout au Canada et sur les variations annuelles de leurs niveaux d'émissions, information qui est aussi communiquée aux provinces et aux territoires. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), les DDI, qui comprennent toutes les données exigées et toute l'information à l'appui déclarée par les installations assujetties aux exigences élargies de déclaration (voir l'Annexe 3)[14], sont utilisées par les experts en matière d'inventaire à des fins d'amélioration lorsqu'ils évaluent la qualité de ces données (voir le Tableau 1–6). Selon les informations présentées dans le Tableau 1–6, il est estimé qu'environ 21 % des émissions déclarées par les installations recueillies par le PDGES servent à générer certaines estimations du RIN. Bien que ces informations ne figurent pas explicitement au tableau, les émissions déclarées par les installations supplémentaires servent à diverses activités telles que le contrôle de la qualité et l'analyse.

L'objectif d'utiliser les DDI (recueillies dans le cadre du PDGES) dans l'inventaire national est d'améliorer la qualité des estimations de l'inventaire en tenant compte des circonstances nationales, comme les activités propres à l'industrie et les changements aux procédés (p. ex., les coefficients d'émission propres à un procédé ou à un combustible), dans la mesure du possible, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et de la Révision 2019 de ces Lignes directrices (GIEC, 2006, 2019). Une amélioration continue est assurée, notamment par l'évaluation d'approches qui permettraient d'intégrer les DDI dans l'inventaire et par la remédiation aux problèmes d'uniformité et d'exhaustivité, en tenant compte de l'étendue de chaque industrie particulière, puisque, comme mentionné précédemment, la collecte d'autres données dans le cadre de l'élargissement du PDGES n'a commencé qu'avec les données de 2017 pour un sous-ensemble d'industries.

Avant l'intégration des DDI, plusieurs évaluations d'AC/QC et des analyses sont réalisées pour assurer la qualité des estimations des émissions déclarées, et ce, sur le plan de la transparence, de la précision, de l'exhaustivité, de l'uniformité et de la comparabilité. Pour donner suite aux recommandations de l'examen de la CCNUCC du cycle de 2021, des explications sont rajoutées aux catégories correspondantes pour indiquer que les DDI amélioraient l'uniformité des séries chronologiques d'estimation des émissions de GES. Dans chaque catégorie, la méthode des Lignes directrices 2006 du GIEC (Chapitre 5, Volume 1) la plus appropriée est appliquée. Des précisions sont apportées dans les sections correspondantes du Chapitre 3 (Énergie), Chapitre 4 (PIUP) et Chapitre 7 (Déchets). Comme les DDI englobent une part importante des émissions industrielles de plusieurs provinces et territoires (Figure 1–5), les données améliorées de ce type recueillies jusqu'ici dans le cadre de l'élargissement du PDGES continueront d'être révisées, en vue de les intégrer de façon plus approfondie au RIN dans les années à venir.

Pour obtenir plus d'information sur les données déclarées au niveau des installations dans le cadre du PDGES du Canada, y compris les variations observées dans les émissions déclarées par les installations, consulter le document intitulé *Programme de déclaration de gaz à effet de serre par les installations : Aperçu des émissions déclarées pour 2024* (ECCC, 2026).

1.5. Évaluation du degré d'incertitude

Même si les inventaires nationaux de GES doivent être précis, exhaustifs, comparables, transparents et cohérents, les estimations seront toujours porteuses d'incertitudes. Ces incertitudes[15] peuvent résulter des paramètres d'entrée ou être inhérentes aux modèles d'estimation. Quantifier et réduire l'incertitude peut exiger de procéder à l'examen approfondi des modèles d'estimation, d'améliorer les régimes des données sur les activités et d'évaluer les coefficients d'émission et autres paramètres de modèles. Dans quelques cas, l'incertitude peut être réduite par un exercice de validation réalisé au moyen d'un ensemble de données indépendantes, par exemple les émissions totales déclarées par chacune des installations dans un secteur donné de l'industrie. Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) précisent que l'objectif principal des informations quantitatives fournies sur l'incertitude est de participer à l'établissement de l'ordre des priorités afin d'améliorer les inventaires futurs et d'orienter les décisions sur les méthodes à utiliser. En général, le degré d'incertitude qui se rattache aux tendances et aux totaux nationaux est nettement inférieur à celui qui se rattache aux gaz et aux secteurs individuels.

L'Annexe 2 présente une évaluation du degré d'incertitude des émissions canadiennes de GES pour l'année de référence, l'année la plus récente et la tendance. Bien que des méthodes plus complexes (Approche 2) ont été utilisées dans certains cas pour obtenir des estimations du degré d'incertitude par secteur ou par catégorie, la méthode simple (Approche 1) de propagation des erreurs a été employée sur l'ensemble de l'inventaire, afin de combiner ces incertitudes à l'aide du Tableau 3.3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Des analyses distinctes ont été réalisées pour l'inventaire global, avec ou sans l'ATCATF. Pour obtenir plus de détails sur l'incertitude propre à des secteurs particuliers, veuillez consulter les sections sur l'incertitude au Chapitre 3 au Chapitre 7.

14 L'avis qui exige la déclaration des renseignements sur les émissions de 2024 et 2025, publié dans la Gazette du Canada, est disponible à l'adresse suivante : https://gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2023/2023-12-09/html/sup1-fra.html.

15 Incertitude : Absence de connaissance de la valeur vraie d'une variable qui peut être décrite comme une fonction de densité de probabilité caractérisant la plage et la vraisemblance des valeurs possibles (GIEC, 2006).

Tableau 1–6 **Utilisation des données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES pour le RIN, par secteur du GIEC et par catégorie des TCD correspondants**

Secteur du GIEC et catégorie des TCD	DDI recueillies dans le cadre du PDGES	Utilisations dans le RIN	Référence du RIN pour des précisions
ÉNERGIE			
1.A.1.a.i Production d'électricité, combustibles solides	Quantité de CO_2 capté	Déclaration directe	• section 3.4 • Tableau 1.A(a)s1 des TCD
1.A.1.c Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	Émissions découlant de la combustion, déclarées dans la catégorie des Sables bitumineux	Données utilisées pour désagréger les émissions découlant de la combustion de source fixe des catégories d'extraction de pétrole et de gaz et d'exploitation minière; la consommation de combustible est modélisée et corrigée de sorte que les émissions résultantes concordent avec les déclarations des installations d'exploitation des sables bitumineux	• section 3.2 • données sur les émissions par secteur économique (voir site Web de données ouvertes)
1.A.2.f Produits minéraux non métalliques	• Quantité de combustibles résiduaires mixtes utilisée • Émissions de CO_2	• Déclaration directe • Données d'entrée pour l'estimation des émissions	• section 3.2 • Tableau 1.A(a)s2 des TCD
1.B.2.c.ii.1 Torchage – Pétrole	Émissions de torchage déclarées par les raffineries	Données d'entrée pour l'estimation des émissions	• section 3.3.2 • Tableau 1.B.2 des TCD
1.B.2.c Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production d'énergie – Évacuation et Torchage	Quantité de CO_2 capté lors des activités de raffinage de pétrole et de mise à niveau du bitume naturel	Déclaration directe	• section 3.4 • Tableau 1.B.2 des TCD
1.C.1 Transport du CO_2	Quantité de CO_2 capté et transporté par pipelines	Données d'entrée pour le calcul des valeurs	• section 3.4 • Tableau 1.C des TCD
1.C.2 Injection et stockage du CO_2	Quantité de CO_2 capté et injecté ou stocké	Données d'entrée pour le calcul des valeurs	• section 3.4 • Tableau 1.C des TCD
PIUP			
2.A.1 Production de ciment	• Émissions de CO_2 • Production de clinker, teneur en CaO du clinker • Quantités de poussière de four de cimenterie, teneur en CaO de la poussière de four de cimenterie	• Déclaration directe • Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité	section 4.2.1
2.A.2 Production de chaux	• Émissions de CO_2 • Production de chaux, teneur en CaO et MgO de la chaux • Quantités de sous-produits et de déchets, teneurs en CaO et MgO des sous-produits et des déchets	• Déclaration directe • Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité	section 4.2.2
2.A.4.d Autres utilisations de calcaire et de dolomie	• Quantités de calcaire utilisées dans la production de pâtes et papiers • Quantités et teneurs en carbone de calcaire et de la dolomie utilisés comme fondant dans la production sidérurgique	• Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité	section 4.2.3
2.B.1 Production d'ammoniac	• Gaz naturel utilisé comme matière première, teneur en carbone du gaz naturel • Production d'urée, récupération du CO_2 pour la production d'urée • Quantité de CO_2 capté	• Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité	section 4.3.1
2.B.2 Production d'acide nitrique	• Production d'acide nitrique • Coefficients d'émission du N_2O • Émissions de N_2O	• Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité	section 4.3.2
2.C.1 Sidérurgie	• Production sidérurgique • Teneurs en carbone de la fonte brute, production d'acier brut dans un convertisseur basique à oxygène (CBO) et un four électrique à arc (FEA), et de mitrailles d'acier • Coefficients d'émission pour l'utilisation du coke et consommation d'électrodes dans un CBO et un FEA	• Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité	section 4.4.1
2.C.3 Production d'aluminium	• Production d'aluminium • Émissions de CO_2, CF_4, $C2F_6$ et SF_6	Déclaration directe	section 4.4.3
2.C.4 Production de magnésium	Émissions de SF_6 par des procédés industriels (dont l'utilisation comme gaz de couverture dans le moulage du magnésium est confirmée)	Déclaration directe	section 4.4.4
DÉCHETS			
5.C.1 Incinération des déchets	Émissions de GES	Déclaration directe	• section 7.5 • section A3.6.3
5.D Traitement des eaux usées	Émissions de GES	Déclaration directe des émissions des eaux usées industrielles	• section 7.6 • section A3.6.4

Selon la méthode de propagation d'erreur, le degré d'incertitude pour l'inventaire national, excluant l'ATCATF, est de ±3 % tant l'année de référence que l'année 2024. Les cinq catégories de source d'émissions qui contribuent le plus au degré d'incertitude à l'échelle nationale, pour 2024 quand l'ATCATF n'est pas inclus, étaient les suivantes :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'élimination gérés des déchets, CH_4
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH_4
3. Agriculture – Sources directes des sols agricoles, N_2O
4. Agriculture – Sources indirectes des sols agricoles, N_2O
5. Utilisation de combustibles – Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques, CH_4

Quand les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses, l'incertitude dans le total national s'élève à ±7 % pour 2024 et à ±11 % pour l'année de référence. Pour 2024, voici les cinq principaux contributeurs qui influent sur le degré d'incertitude à l'échelle nationale lorsque l'ATCATF est incluse :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'enfouissement gérés, CH_4
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH_4
3. Agriculture – Sources directes des sols agricoles, N_2O
4. Agriculture – Sources indirectes des sols agricoles, N_2O
5. Utilisation de combustibles – Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques, CH_4

1.6. Évaluation de l'exhaustivité

L'inventaire national de GES sert à évaluer en détail les émissions et absorptions anthropiques de GES au Canada. De façon globale, le présent RIN se veut exhaustif quant aux émissions et absorptions des sept GES qui doivent être déclarées aux termes de la MPL. Toutefois, une faible minorité des émissions de certaines catégories n'ont pas été estimées ou ont été incluses dans d'autres catégories pour les raisons suivantes :

- ces sources et puits n'existent pas au Canada;
- les données n'existent pas au niveau de la catégorie exigé;
- il existe des problèmes de méthodologie propres aux circonstances nationales;
- les estimations des émissions sont considérées comme négligeables[16].

Un travail constant est fait pour identifier des sources de données ou des méthodologies nouvelles ou améliorées afin de fournir des estimations pour les catégories qui ne sont pas estimées (« non estimées »). D'autres précisions sur l'exhaustivité de l'inventaire, dont la catégorie de source et de puits, la clé de notation (soit « NE » pour non estimé, soit « IE » pour incluse ailleurs) et son explication, se trouvent dans le Tableau 9 des TCD correspondants[17] associés au RIN.

16 Les émissions ne devraient être considérées comme négligeables que si le taux probable des émissions est inférieur à 0,05 % des émissions totales de GES à l'échelle nationale et que si elles ne dépassent pas 500 kt d'éq. CO_2. Le taux global national total des émissions estimées pour tous les gaz et catégories considérées comme négligeables doit demeurer inférieur à 0,1 % des émissions totales de GES à l'échelle nationale (précisé au paragraphe 32 des MPL).

17 https://unfccc.int/fr/node/656052

CHAPITRE 2

TENDANCES DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

2.1.	Sommaire des tendances des émissions de GES	40
2.2.	Tendances des émissions de GES par gaz	43
2.3.	Tendances des émissions de GES par secteur du GIEC	47
2.4.	Émissions par secteur économique canadien	81
	Tendances dans le secteur pétrolier et gazier	85
	Intégration des estimations descendantes et ascendantes des émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier	63

2.1. Sommaire des tendances des émissions de GES

En 2024, l'année la plus récente pour laquelle des données existent pour le présent rapport, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du Canada étaient de 685 mégatonnes d'équivalent en dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO_2), à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF)[1,2]. Les émissions ont diminué de 78 Mt (10 %) par rapport à celles de 2005 et de 2,2 Mt (0,3 %) par rapport à celles de 2023. De plus, les émissions sont demeurées inférieures de 63 Mt (8,5 %) aux niveaux de 2019, avant la pandémie (Figure 2–1)[3]. Sur le plan de la tendance générale, les émissions de GES du Canada en 2024 étaient de 77 Mt (13 %) supérieures à celles de 1990. Les principales tendances des émissions depuis 1990 et 2005, ainsi que les facteurs y contribuant, sont abordées dans le présent chapitre, tandis que des renseignements supplémentaires sur les tendances des émissions figurent dans chacun des chapitres sur les secteurs (chapitres 3 à 7).

Au cours des dix dernières années (de 2015 à 2024), les émissions totales ont diminué de 59 Mt ou 7,9 %. Depuis 2015, les émissions ont diminué de façon significative dans la catégorie des Sources fugitives du Pétrole et gaz naturel (-33 Mt ou -34 %) ainsi que dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public (-25 Mt ou -31 %). Ces diminutions peuvent s'expliquer principalement par une réduction des émissions de méthane provenant des activités du secteur du pétrole et du gaz classique (plus précisément, de la diminution de l'évacuation) ainsi que par l'abandon graduel de la production d'électricité à partir de charbon et l'augmentation de la production d'électricité à partir de sources renouvelables. Par ailleurs, de 2015 à 2024, les émissions de combustion de la catégorie Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 12 Mt (12 %). Les émissions de certaines sources dans les transports se sont accrues, elles aussi, notamment de 6,2 Mt (13 %) dans les Camions légers à essence et de 3,4 Mt (6,8 %) dans les Autres moyens de transport[4]. Ces augmentations peuvent être attribuables surtout à la croissance continue de la production issue des activités d'exploitation des sables bitumineux au Canada et à l'augmentation du parc de véhicules englobant les véhicules routiers et hors route, ce qui a mené à une augmentation des kilomètres parcourus en général.

Lorsqu'il est question des tendances à long terme des émissions, les phénomènes à grande échelle peuvent influer grandement sur un segment de la série chronologique analysée, donc ils doivent être pris en compte. Les années 2020 et 2021 ont été marquées par la pandémie de COVID-19. Cette pandémie coïncide avec la diminution abrupte de 67 Mt (9,0 %) du total des émissions de GES entre 2019 et 2020, diminution dont près de la moitié provenait des Transports (-32 Mt ou -15 %). L'année suivante, soit de 2020 à 2021, les émissions ont légèrement augmenté de 10 Mt (1,5 %), tendance qui s'est poursuivie de 2021 à 2022, où les émissions ont augmenté de 4,5 Mt (0,7 %), tout en demeurant inférieures à leur niveau prépandémique de 2019. Finalement, de 2022 à 2024, elles ont diminué de 11 Mt (1,6 %). Les effets de la pandémie, plus marqués en 2020, sont désormais plus difficiles à discerner. Malgré la diminution abrupte entre 2019 et 2020 et les variations des récentes années, la répartition générale des émissions par secteur (du GIEC ou économique) n'a pas beaucoup changé au fil du temps.

1 À moins d'avis contraire, toutes les estimations d'émissions exprimées en Mt représentent des émissions de GES en Mt d'éq. CO_2.

2 Les totaux nationaux présentés dans l'Inventaire sur les GES officiel du Canada n'incluent pas les émissions et absorptions dues au secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF).

3 Les données qui figurent dans l'ensemble du rapport ont été arrondies. Toutefois, tous les calculs (y compris ceux permettant d'obtenir les pourcentages) ont été faits à l'aide des données non arrondies.

4 Les Autres moyens de transport comprennent la consommation de combustibles par les appareils de combustion mobiles qui ne sont pas autorisés à circuler sur les routes (excluant les émissions biogènes de CO_2 provenant de la consommation d'éthanol et de biodiesel), ainsi que les modes de transport et de distribution par pipeline du pétrole brut, du gaz naturel, du pétrole raffiné et d'autres produits.

En général, les fluctuations annuelles se superposent aux tendances observées sur une plus longue période. Au cours de la période faisant l'objet du présent rapport, l'économie canadienne a connu une croissance plus rapide que ses émissions de GES. Ce fait signifie que l'intensité des émissions pour toute l'économie (rapport entre les GES et le produit intérieur brut [PIB]) a continué de diminuer en 2024, de 48 % depuis 1990, et de 37 %, depuis 2005 (Figure 2–2 et Tableau 2–1). La baisse de l'intensité des émissions peut être attribuable à des facteurs tels que le remplacement de combustible, les améliorations de l'efficacité, la modernisation des procédés industriels et les changements structurels au sein de l'économie.

Le Canada contribue à environ 1,4 % des émissions mondiales de GES (Climate Watch, 2026, portant sur l'année 2022), ce qui le place au 11e rang des plus grands émetteurs de GES. Bien que les émissions par habitant du Canada aient baissé depuis 2005, passant de 24 t d'éq. CO_2/habitant à 17 t d'éq. CO_2/habitant en 2024 (StatCan, s.d.[b]), le Canada est également l'un des plus grands émetteurs par habitant au monde. Les ensembles complets des données sur les émissions canadiennes de GES de 1990 à 2024 se trouvent sur ouvert.canada.ca[5].

Figure 2–1 **Tendances des émissions de GES du Canada (à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) (de 1990 à 2024)**

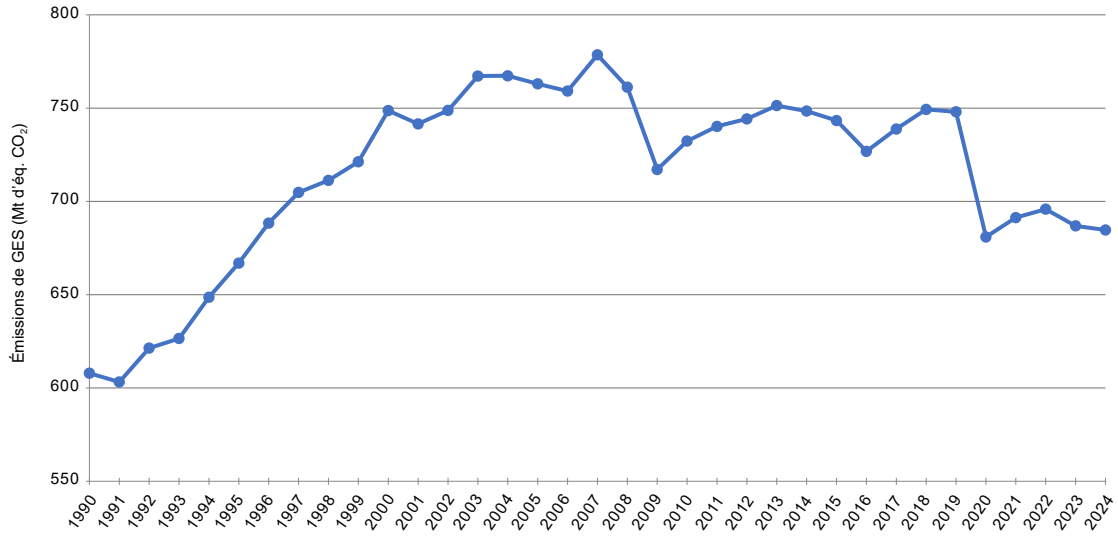
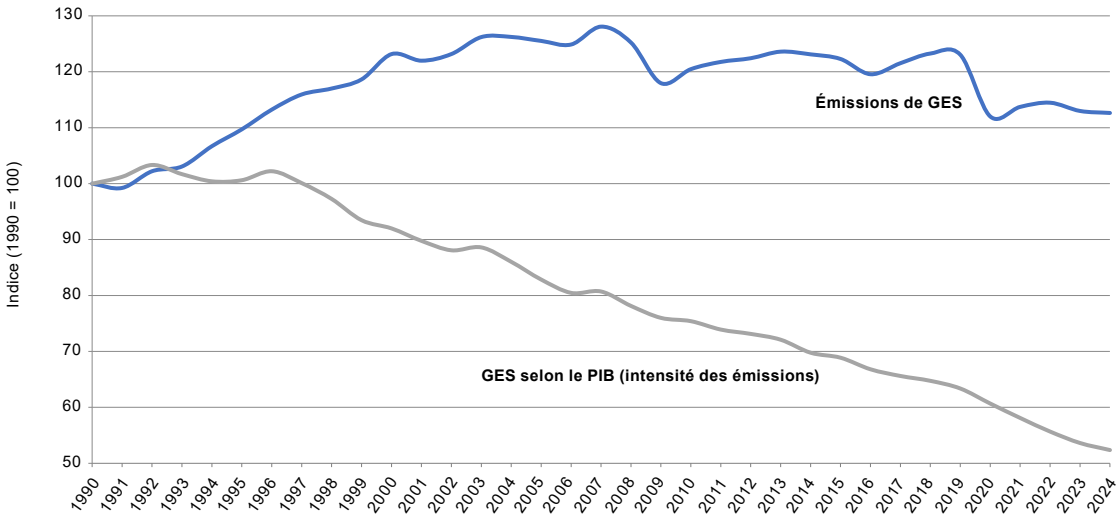


Figure 2–2 **Tendance indexée des émissions de GES et intensité des émissions de GES (à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) (de 1990 à 2024)**



Note :
Source des données sur le PIB : StatCan (s.d.[a])

5 https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/779c7bcf-4982-47eb-af1b-a33618a05e5b

Tableau 2–1 **Tendances des émissions de GES et des indicateurs économiques, certaines années**

Année	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Total des émissions de GES (Mt)	**608**	**763**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	-2,0 %	-11 %	-9,4 %	-8,8 %	-10 %	-10 %
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	26 %	23 %	12 %	14 %	14 %	13 %	13 %
PIB[a] (milliards de $ de 2017)	**1 156**	**1 751**	**2 244**	**2 133**	**2 262**	**2 376**	**2 435**	**2 486**
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	28 %	22 %	29 %	36 %	39 %	42 %
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	51 %	94 %	85 %	96 %	106 %	111 %	115 %
Intensité des GES (Mt/milliards de $ de PIB)	**0,53**	**0,44**	**0,33**	**0,32**	**0,31**	**0,29**	**0,28**	**0,28**
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	-24 %	-27 %	-30 %	-33 %	-35 %	-37 %
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	-17 %	-37 %	-39 %	-42 %	-44 %	-46 %	-48 %

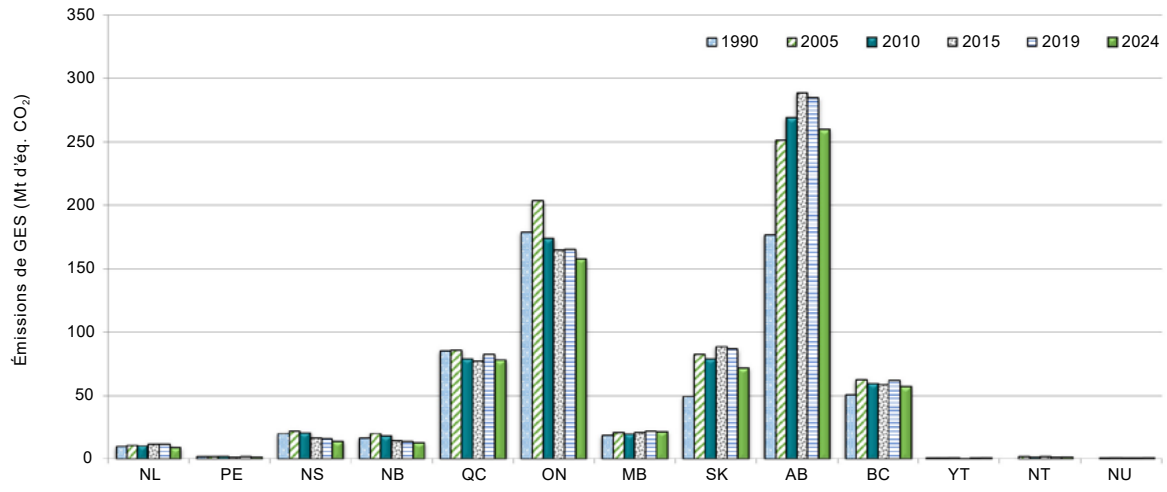
Notes :
S.O. = Sans objet
a. Source des données: StatCan (s.d. [a])

2.1.1. Tendances des émissions de GES provinciales et territoriales

Les émissions varient grandement d'une province ou d'un territoire à l'autre en raison de facteurs comme la démographie, les sources d'énergie et la structure économique (Figure 2–3). Toute chose étant égale par ailleurs, dans les économies axées sur l'extraction des ressources, les niveaux des émissions ont tendance à être plus élevés que dans les économies axées sur les services. Dans un même ordre d'idée, les provinces dépendant des combustibles fossiles pour produire de l'électricité émettent de plus grandes quantités de GES que celles qui font appel à des sources d'énergie à faibles émissions comme l'hydroélectricité.

Par le passé, les provinces de l'Alberta et de l'Ontario étaient les plus grandes émettrices de GES, représentant respectivement 38 % et 23 % des émissions totales du Canada en 2024. Depuis 2005, les profils d'émissions de ces deux provinces ont divergé. Les émissions en Alberta ont augmenté de 9,0 Mt (3,6 %) depuis 2005, surtout en raison de l'accroissement des activités pétrolières et gazières, toutefois contrebalancées par la fermeture de centrales thermiques au charbon (Tableau 2–2). Plus précisément, les émissions du secteur du Pétrole et du gaz y ont augmenté de 34 Mt, mais le secteur de l'Électricité les ont compensées par une diminution des siennes (-30 Mt). En revanche, les émissions de l'Ontario ont diminué de 46 Mt (22 %) depuis 2005, y compris une diminution de 24 Mt dans le secteur de l'Électricité, surtout grâce à la fermeture des centrales électriques alimentées au charbon. Globalement, les émissions ont diminué dans huit provinces et un territoire entre 2005 et 2024, et augmenté dans deux provinces et deux territoires. Sauf en Saskatchewan et en Colombie-Britannique, les tendances de 1990 à 2024 ressemblent à celles de 2005 à 2024 (Tableau 2–2).

Figure 2–3 **Émissions de GES par province et territoire, certaines années**



Note : L'année 2019 est incluse et 2020 exclue, car une diminution des émissions importante a eu lieu durant la première année de la pandémie, diminution non représentative des tendances des émissions de la série chronologique.

Tableau 2–2 **Émissions de GES par province et territoire, certaines années**

Province et territoire	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)										Variation (%)	
	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
CANADA	**608**	**763**	**732**	**743**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**	**13 %**	**-10 %**
NL	9,7	11	10	11	11	9,1	8,2	8,3	8,1	8,6	-12 %	-19 %
PE	1,8	1,9	1,8	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	-17 %	-21 %
NS	20	22	20	16	16	14	14	14	13	14	-30 %	-38 %
NB	16	20	18	14	13	11	12	13	11	13	-21 %	-36 %
QC	85	85	79	77	82	75	78	79	78	78	-8,6 %	-9,1 %
ON	179	203	174	164	165	149	152	158	160	158	-12 %	-22 %
MB	18	21	19	21	22	21	21	22	21	21	17 %	2,7 %
SK	49	83	79	89	87	75	77	75	73	72	46 %	-13 %
AB	177	251	269	289	285	265	267	262	260	260	47 %	3,6 %
BC	51	62	59	58	62	58	59	60	58	57	12 %	-9,1 %
YT	0,55	0,56	0,65	0,53	0,69	0,59	0,65	0,66	0,67	0,72	32 %	28 %
NT	S.O.	1,7	1,5	1,6	1,4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	S.O.	-22 %
NU	S.O.	0,64	0,65	0,69	0,90	0,78	0,83	0,84	0,88	0,93	S.O.	44 %

Notes :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
S.O. = Sans objet

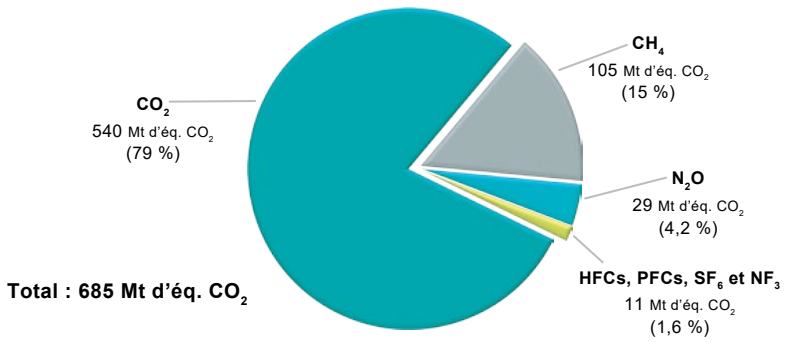
2.2. Tendances des émissions de GES par gaz

Le profil des émissions de GES du Canada ressemble à celui de la majorité des pays industrialisés, le dioxyde de carbone (CO_2) étant le gaz qui contribue le plus à ses émissions totales, représentant ainsi 540 Mt ou 79 % des émissions totales en 2024 (Figure 2–4). Par conséquent, les tendances des émissions de CO_2 suivent la même courbe que les émissions totales de GES, telles que décrites à la section précédente (Figure 2–1). La plupart des émissions canadiennes de CO_2 proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles. Les émissions de méthane, d'oxyde de diazote et de gaz fluorés du Canada sont décrites ci-dessous (Tableau 2–3).

Méthane (CH_4)

En 2024, les émissions de méthane (CH_4) totalisaient 105 Mt d'éq. CO_2, soit 15 % du total du Canada. Ces émissions sont principalement constituées d'émissions fugitives dans les systèmes de pétrole et de gaz naturel (46 Mt ou 44 %) ou proviennent de l'agriculture (31 Mt ou 30 %) et des sites d'enfouissement (sites d'enfouissement municipaux et de déchets de bois industriels) (19 Mt ou 18 %). Les émissions totales de CH_4 ont augmenté de façon constante à partir de 1990, atteignant un maximum de 154 Mt (augmentation de 44 %) en 2006 pour fluctuer jusqu'en 2014, amorcer une période ponctuée de diminutions importantes et enfin atteindre leur niveau déclaré le plus bas en 2024 (Figure 2–5).

Figure 2–4 **Ventilation des émissions du Canada par GES (2024)**



Note : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau 2–3 Émissions de GES au Canada par gaz et par secteur du GIEC en 2024

Catégories de gaz à effet de serre		Gaz à effet de serre							
		CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NF_3	TOTAL
Potentiel de réchauffement planétaire		1	28	265	varie[a]	varie[a]	23 500	16 100	S.O.
Unité		kt	kt d'éq. CO_2						
TOTAL[b]		**540 000**	**105 397**	**28 628**	**9 679**	**568**	**432**	**0,58**	**684 704**
ÉNERGIE		**494 703**	**53 587**	**4 194**	**-**	**-**	**-**	**-**	**552 485**
a.	**Sources de combustion fixes**	**291 252**	**4 465**	**1 819**	**-**	**-**	**-**	**-**	**297 536**
	Production d'électricité et de chaleur du secteur public	56 798	327	356	-	-	-	-	57 481
	Industries de raffinage du pétrole	14 597	9	26	-	-	-	-	14 632
	Extraction de pétrole et de gaz	104 851	3 160	560	-	-	-	-	108 571
	Production de charbon	526	0,28	2	-	-	-	-	529
	Fabrication de biocombustibles	802	0,73	6	-	-	-	-	808
	Exploitation minière et extraction en carrière	5 264	3	27	-	-	-	-	5 294
	Industries manufacturières	37 550	66	377	-	-	-	-	37 993
	Construction	1 545	0,78	12	-	-	-	-	1 558
	Commercial et institutionnel	32 242	22	184	-	-	-	-	32 448
	Résidentiel	33 667	874	246	-	-	-	-	34 787
	Agriculture et foresterie	3 411	2	23	-	-	-	-	3 436
b.	**Transports[c]**	**185 359**	**1 301**	**2 283**	**-**	**-**	**-**	**-**	**188 943**
	Transport aérien	8 002	6	62	-	-	-	-	8 070
	Transport routier	117 222	199	954	-	-	-	-	118 375
	Transport ferroviaire	5 258	9	580	-	-	-	-	5 847
	Transport maritime	3 389	9	26	-	-	-	-	3 424
	Autres moyens de transport	51 487	1 079	661	-	-	-	-	53 227
c.	**Sources fugitives**	**18 092**	**47 821**	**93**	**-**	**-**	**-**	**-**	**66 006**
	Exploitation de la houille	-	1 367	-	-	-	-	-	1 367
	Pétrole et gaz naturel	18 092	46 454	93	-	-	-	-	64 639
d.	**Transport et stockage du CO_2**	**0,65**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**0,65**
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS		**41 798**	**110**	**697**	**9 679**	**568**	**432**	**0,58**	**53 284**
a.	**Produits minéraux**	**8 472**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8 472**
	Production de ciment	6 895	-	-	-	-	-	-	6 895
	Production de chaux	1 282	-	-	-	-	-	-	1 282
	Utilisation de produits minéraux	295	-	-	-	-	-	-	295
b.	**Industrie chimique**	**5 342**	**108**	**141**	**-**	**-**	**-**	**-**	**5 590**
	Production d'ammoniac	2 291	-	-	-	-	-	-	2 291
	Production d'acide nitrique	-	-	129	-	-	-	-	129
	Production d'acide adipique	-	-	-	-	-	-	-	-
	Production pétrochimique et production de noir de carbone	3 051	108	12	-	-	-	-	3 170
c.	**Production de métaux**	**15 669**	**3**	**-**	**-**	**529**	**297**	**-**	**16 499**
	Production sidérurgique	10 238	3	-	-	-	-	-	10 241
	Production d'aluminium	5 430	-	-	-	529	0,28	-	5 960
	Production de magnésium et d'autres métaux	0,07	-	-	-	0,04	297	-	297
d.	**Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3[d]**	**-**	**-**	**-**	**9 679**	**17**	**29**	**0,58**	**9 725**
e.	**Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant**	**12 315**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**12 315**
f.	**Fabrication et utilisation d'autres produits**	**-**	**-**	**556**	**-**	**22**	**106**	**-**	**684**
AGRICULTURE		**3 415**	**31 174**	**21 814**	**-**	**-**	**-**	**-**	**56 403**
a.	**Fermentation entérique**	**-**	**26 390**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**26 390**
b.	**Gestion des fumiers**	**-**	**4 746**	**3 439**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8 186**
c.	**Sols agricoles**	**-**	**-**	**18 366**	**-**	**-**	**-**	**-**	**18 366**
	Sources directes	-	-	14 520	-	-	-	-	14 520
	Sources indirectes	-	-	3 845	-	-	-	-	3 845
d.	**Incinération des résidus agricoles dans les champs**	**-**	**38**	**9**	**-**	**-**	**-**	**-**	**47**
e.	**Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés**	**3 415**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**3 415**
DÉCHETS		**84**	**20 525**	**1 922**	**-**	**-**	**-**	**-**	**22 531**
a.	**Sites d'enfouissement**	**-**	**19 149**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**19 149**
	Sites d'enfouissement municipaux	-	18 446	-	-	-	-	-	18 446
	Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	-	703	-	-	-	-	-	703
b.	**Traitement biologique des déchets solides**	**-**	**309**	**300**	**-**	**-**	**-**	**-**	**609**
c.	**Incinération et combustion à l'air libre de déchets**	**71**	**3**	**74**	**-**	**-**	**-**	**-**	**147**
d.	**Traitement et rejet des eaux usées**	**14**	**1 063**	**1 548**	**-**	**-**	**-**	**-**	**2 626**
	Traitement et rejet des eaux usées municipales	-	881	1 514	-	-	-	-	2 395
	Traitement et rejet des eaux usées industrielles	14	182	35	-	-	-	-	231
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		**2 350**	**1 784**	**215**	**-**	**-**	**-**	**-**	**4 350**
a.	**Terres forestières**	**-1 452**	**146**	**94**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-1 212**
b.	**Terres cultivées**	**-3 812**	**182**	**79**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-3 551**
c.	**Prairies**	**-**	**1**	**0,26**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**
d.	**Terres humides**	**4 079**	**1 347**	**5**	**-**	**-**	**-**	**-**	**5 431**
e.	**Établissements**	**4 167**	**109**	**37**	**-**	**-**	**-**	**-**	**4 313**
f.	**Produits ligneux récoltés**	**-633**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-633**

Notes :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
Les estimations sont fondées sur les meilleures informations existant au moment de la publication et sont sujettes à révision dans les éditions ultérieures de l'inventaire.
Pour plus d'informations sur le degré d'incertitude associé aux estimations des émissions, se référer à l'Annexe 2 du Rapport d'inventaire national.

a. Se reporter au Tableau 1–1 du Rapport d'inventaire national pour voir la liste des potentiels de réchauffement planétaire (PRP) utilisés.
b. Les totaux excluent tous les GES du secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie.
c. Dans la catégorie Transports, les émissions attribuables à l'utilisation d'éthanol sont prises en compte dans les émissions de l'essence et celles attribuables au biodiesel, dans les émissions du diesel.
d. L'utilisation de HFC et de PFC remonte à 1995; avant 1995, des émissions de HFC ont été générées en tant que sous-produit de la production de HCFC (HCFC-22 uniquement), mais seulement de 1990 à 1992, et les émissions de PFC étaient un sous-produit des émissions de CF_4 associées à l'utilisation de NF_3.

0,00 Indique que les émissions ont été tronquées parce qu'elles ont été arrondies.
- Indique qu'il n'y a aucune émission.
S.O. Sans objet

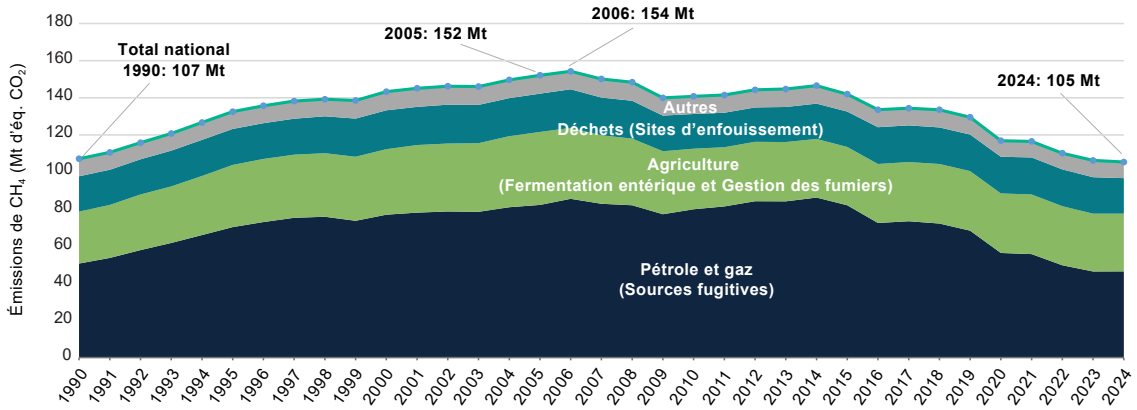
L'industrie pétrolière et gazière mène fortement les tendances en matière d'émissions de CH_4 : de 2005 à 2024, 80 % des diminutions de ce gaz lui sont imputables. Entre 1990 et 2006, les émissions de CH_4 dues aux fuites de pétrole et de gaz ont augmenté de 35 Mt, ce qui concorde avec une hausse de 60 % de la production de gaz naturel et de 14 % de la production de pétrole classique[6]. De 2006 à 2019, les émissions de CH_4 dues à ces fuites ont diminué de 17 Mt, surtout en raison des évacuations réduites (12 Mt). Durant la même période, de meilleurs programmes de détection et de réparation des fuites, conjointement à la production de gaz naturel réduite de 9 %, ont occasionné une baisse de 5,1 Mt supplémentaires. Les émissions ont diminué de 22 Mt entre 2020 et 2024, ce qui coïncide avec l'entrée en vigueur de lois fédérales visant à réduire les émissions de CH_4 issues de l'industrie du pétrole et du gaz en amont et de lois provinciales équivalentes en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique. Voir la section 2.3.1.3 pour une discussion détaillée des tendances des émissions de sources fugitives.

De 1990 à 2006, les émissions de CH_4 de source agricole ont augmenté de 10 Mt, menées par le cheptel bovin de plus en plus nombreux. De 2006 à 2024, elles ont diminué de 7,1 Mt, surtout en raison du cheptel de bœuf de boucherie de 27 % moins nombreux, ce qui à son tour a fait diminuer les émissions dues à la fermentation entérique. Cependant, le cheptel et ses émissions se sont stabilisés au cours des dernières années.

Les émissions de CH_4 imputables aux sites d'enfouissement (sites d'enfouissement municipaux et de déchets de bois industriels pris ensemble) ont connu une hausse de 1,8 Mt de 1990 à 2006 (21 Mt en 2006), pour ensuite diminuer en général. Les émissions de méthane dues aux sites d'enfouissement ont baissé de 1,7 Mt de leur maximum de 2006 à 2024, en raison d'une quantité accrue récupérée des sites d'enfouissement municipaux (+3,0 Mt récupérées) et d'une quantité moindre produite par les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (-0,3 Mt), baisse qui compense l'augmentation du méthane produit par les sites d'enfouissement municipaux au cours de cette période (+1,5 Mt).

Bien que les informations du RIN sur les émissions de GES au Canada soient précieuses, aucune distinction spatiale nest faite sur les sources d'émissions à l'intérieur des regroupements provinciaux et territoriaux. À cet effet, des travaux sont en cours pour attribuer les émissions plus près de leur origine géographique. En effet, grâce à de nouveaux modèles, les émissions de méthane ont été distribuées spatialement. Ce gaz a été choisi parmi les autres GES, car le Canada a pris des engagements précis de réduire ses émissions. Il s'agit là d'une occasion de visualiser les tendances à la baisse dans les données. La Figure 2–6 et la Figure 2–7 montrent des cartes statiques des émissions de méthane sur des mailles de 1 km en 2006 et en 2024. Les deux cartes ont été produites à la même échelle symbolique (classification des émissions dans six catégories égales), de sorte que la baisse des émissions du méthane ressort visuellement entre ces années, surtout dans l'Ouest canadien, où se situent principalement les industries pétrolières et gazières. À mesure que le projet avancera, les modèles généreront des distributions d'émissions plus précises. Les cartes produites représentent les émissions totales au cours de l'année et non leur concentration à un moment précis. Communiquer avec ec.dirp.donnees-data.pird.ec@ec.gc.ca pour obtenir des précisions sur les cartes, au besoin.

Figure 2–5 **Tendances des émissions de méthane au Canada (de 1990 à 2024)**



Note : La mention « Autres » comprend diverses sources de méthane provenant des secteurs de l'Énergie, des PIUP, de l'Agriculture et des Déchets.

6 De 1990 à 2024, la production thermique de pétrole lourd et de bitume naturel et celle de pétrole brut synthétique ont augmenté de plus de 950 % et les émissions d'éq. CO_2, de 530 %. Toutefois, les émissions de CH_4 issues du secteur Sables bitumineux et pétrole lourd thermique n'ont augmenté que de 150 % et la contribution de ce secteur aux émissions totales de CH_4 du secteur Pétrole et gaz, de 2,7 % en 1990 à 6,7 % en 2024. Ces résultats montrent que le secteur Sables bitumineux et pétrole lourd thermique ne contribue pas de façon significative aux émissions de CH_4, comparativement à la production pétrolière et gazière classique.

Figure 2–6 **Émissions de méthane au Canada (2006)**

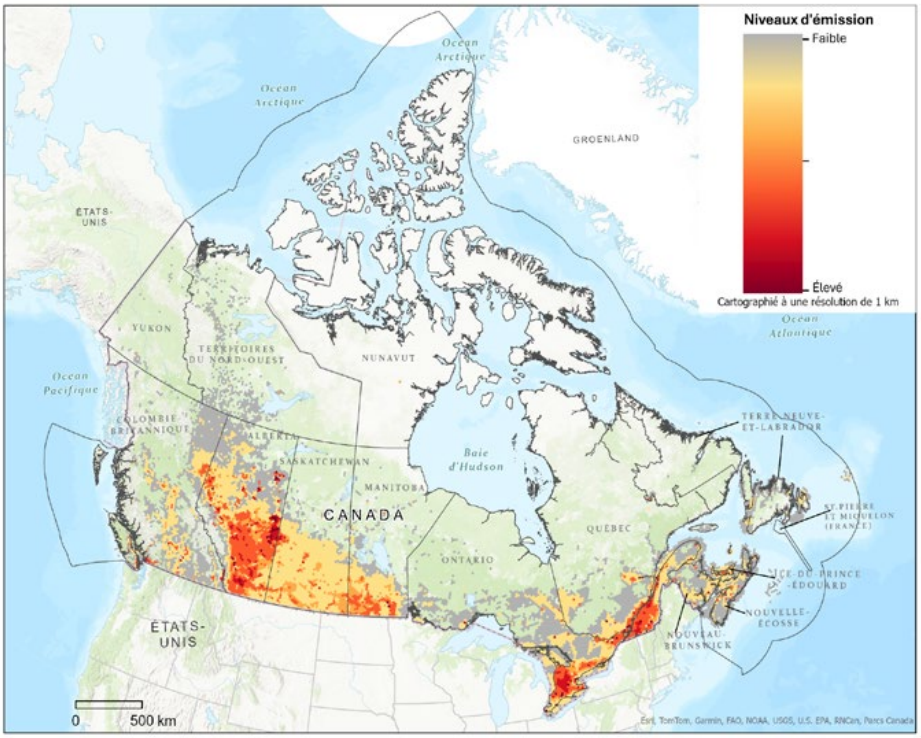
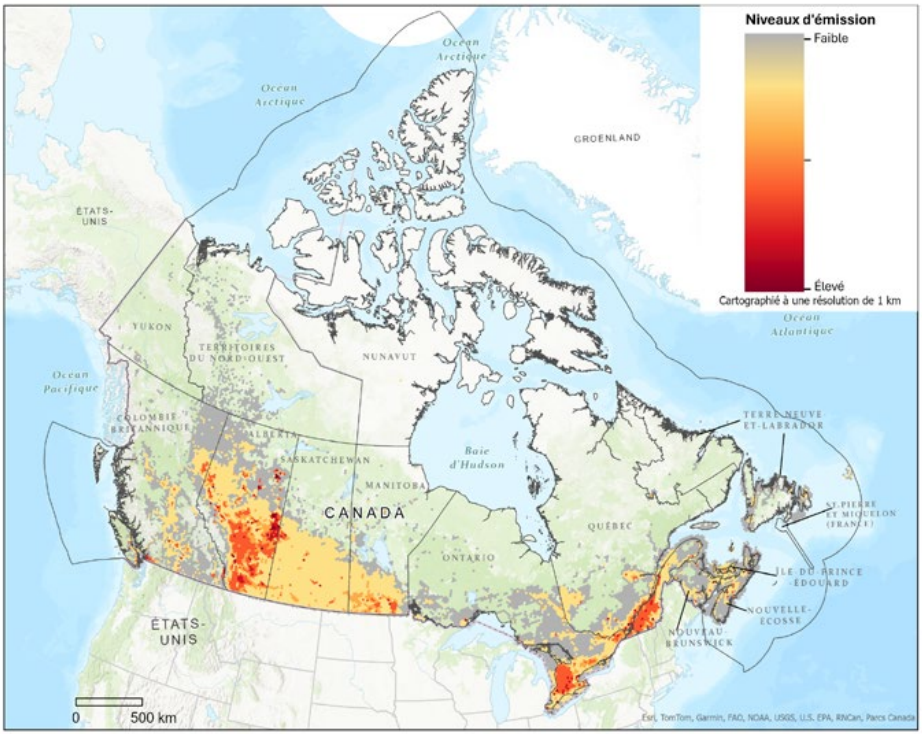


Figure 2–7 **Émissions de méthane au Canada (2024)**



Oxyde nitreux (N_2O)

Les émissions d'oxyde nitreux (N_2O) ont compté pour 29 Mt d'éq. CO_2 (4,2 %) des émissions nationales du Canada en 2024. La principale source d'émissions de N_2O est l'épandage d'engrais azotés sur les sols agricoles. En 2024, les émissions du secteur de l'Agriculture représentaient 22 Mt (76 %) des émissions nationales de N_2O, contre 63 % en 1990 et 36 % en 2005. Depuis 2005, l'épandage d'engrais azoté a augmenté de 108 %, engendrant des émissions de N_2O supplémentaires de 107 %.

La hausse continue et proportionnelle des émissions de N_2O de source agricole par rapport aux émissions totales de N_2O est due non seulement à une hausse absolue des émissions de ce secteur, mais aussi à la baisse des émissions des autres secteurs, qui compense cette hausse. Parmi ces émissions, celles de la Production d'acide adipique ont diminué de 9,2 Mt depuis 1990 vu la fin de sa production au Canada en 2009. D'autres diminutions ont eu lieu depuis 2005, notamment une de 60 % (3,4 Mt) dans le Transport et une de 88 % (0,9 Mt) dans la Production d'acide nitrique grâce à des technologies antipollution. En raison de ces tendances compensatoires, les émissions nationales de N_2O ont diminué globalement de 2,0 Mt (6,5 %) par rapport au niveau de 1990 et de 0,14 Mt (0,5 %) par rapport à celui de 2005.

Gaz fluorés (HFC, PFC, SF_6 et NF_3)

Les émissions de gaz fluorés, qui consistent en des hydrofluorocarbures (HFC), des perfluorocarbures (PFC), de l'hexafluorure de soufre (SF_6) et du trifluorure d'azote (NF_3) représentaient 11 Mt d'éq. CO_2, ou 1,6 % des émissions canadiennes en 2024. Entre 1990 et 2024, les émissions d'HFC ont augmenté de 8,9 Mt (1 090 %), tandis que les émissions de PFC et de SF_6 ont diminué respectivement de 6,2 Mt (92 %) et de 2,9 Mt (87 %). Des tendances similaires sont observées depuis 2005, les émissions d'HFC ayant augmenté de 4,9 Mt (101 %), et les émissions de PFC et de SF_6 ayant diminué respectivement de 2,9 Mt (84 %) et de 1,0 Mt (70 %). Le remplacement des substances appauvrissant l'ozone (SAO) par les HFC pour la réfrigération, la climatisation et les applications d'expansion des mousses peut expliquer l'augmentation des émissions d'HFC. Depuis 2018, les émissions de HFC ont diminué de 2,0 Mt (17 %), ce qui coïncide avec la mise en vigueur de la réglementation fédérale de 2019 limitant les importations nettes de HFC telle qu'imposée par l'amendement de Kigali au Protocole de Montréal, qui est entré en vigueur en 2019. Les diminutions des émissions de PFC sont avant tout dues à la modernisation de l'industrie de l'aluminium; celles de SF_6, à une baisse du nombre d'usines de fonte et de moulage du magnésium.

2.3. Tendances des émissions de GES par secteur du GIEC

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit les secteurs de l'inventaire comme étant les secteurs de l'Énergie (formé des Sources de combustion fixes, des Transports et des Sources fugitives), de l'Agriculture, des Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP), des Déchets, et de l'ATCATF.

En 2024, le secteur de l'Énergie a produit 552 Mt, ou 81 %, des émissions totales de GES du Canada. Le reste des émissions provient de l'Agriculture (56 Mt ou 8,2 %), des PIUP (53 Mt ou 7,8 %) et des Déchets (23 Mt ou 3,3 %). Lorsqu'elles sont incluses dans les émissions d'autres secteurs, les émissions de l'ATCATF correspondent à 0,6 % du total national en 2024. La ventilation générale des émissions selon les secteurs du GIEC n'a pas beaucoup changé au fil du temps (Figure 2–8).

Pour la période de 1990 à 2024, le secteur de l'Énergie dominait la tendance à long terme avec des hausses de 44 Mt (30 %) dans les Transports, de 20 Mt (7,3 %) dans les Sources de combustion fixes et de 0,24 Mt (0,4 %) dans les Sources fugitives. Pendant la même période, le secteur de l'Agriculture a vu ses émissions croître de 14 Mt (32 %), tandis que le secteur des PIUP a connu une baisse de 2,5 Mt (4,4 %). Les émissions du secteur des Déchets ont augmenté de 1,2 Mt (5,8 %) depuis 1990. Dans le secteur de l'ATCATF, les émissions nettes étaient de 61 Mt en 1990. Quant aux émissions totales, elles ont en moyenne augmenté dans les années 1990 et au début des années 2000, avant d'afficher une tendance à la baisse pour descendre à 4,3 Mt en 2024 (Figure 2–8 et Tableau 2–4).

Pendant la période de 2005 à 2024, les émissions ont diminué dans tous les secteurs du GIEC pour un total de 78 Mt (10 %). Le secteur de l'Énergie est le principal responsable de cette tendance, ses émissions ayant diminué de 38 Mt (11 %) dans les Sources de combustion fixes, de 34 Mt (34 %) dans les Sources fugitives et de 1,3 Mt (0,7 %) dans le Transport. Pendant la même période, le secteur des PIUP a émis 3,5 Mt (6,2 %) de moins et le secteur des Déchets, 0,96 Mt (4,1 %). Les émissions du secteur de l'Agriculture sont demeurées relativement stables, ayant diminué de 0,39 Mt (0,7 %) depuis 2005 (Figure 2–9). Les flux nets du secteur de l'ATCATF ont varié d'une année à l'autre durant toute la série chronologique, atteignant 81 Mt en 2005 pour afficher une tendance à la baisse depuis, pour enfin descendre jusqu'à un minimum de 4,3 Mt en 2024 (Figure 2–8).

Plusieurs sources d'émissions, sans contribuer de manière importante aux émissions globales de GES du Canada, ont varié significativement depuis 1990. Les variations comptent notamment une augmentation des émissions de 8,9 Mt (1 089 %) découlant de la Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3; de 6,4 Mt (109 %) des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant; de 2,2 Mt (192 %) du sous-secteur Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés; et de 0,67 Mt (499 %) de la Fabrication de biocombustibles. De plus, ces variations comprennent une diminution des émissions de 9,2 Mt (100 %) dans la catégorie Production d'acide adipique, de 2,9 Mt (91 %) dans la Production de magnésium et d'autres métaux, et de 0,74 Mt (85 %) dans la Production d'acide nitrique.

De 2005 à 2024, des changements notables contribuant peu au total national ont eu lieu notamment par l'augmentation des émissions de 4,9 Mt (102 %) provenant de la Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3, de 2,0 Mt (142 %) du sous-secteur Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés et de 0,66 Mt (429 %) de la Fabrication de biocombustibles. En revanche, les émissions ont diminué de 2,3 Mt (100 %) dans la Production d'acide adipique, de 1,1 Mt (79 %) dans la Production de magnésium et d'autres métaux, et de 0,94 Mt (88 %) dans la Production d'acide nitrique.

Figure 2–8 **Tendances des émissions de GES au Canada, par secteur du GIEC (de 1990 à 2024)**

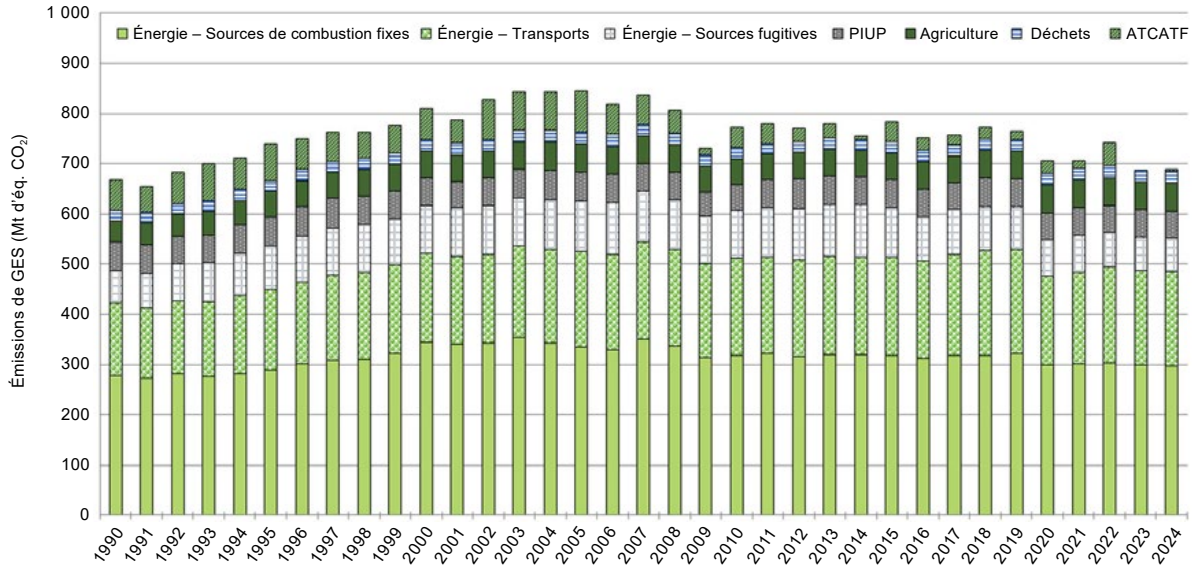


Figure 2–9 **Variations des émissions de GES par secteur du GIEC (de 2005 à 2024)**

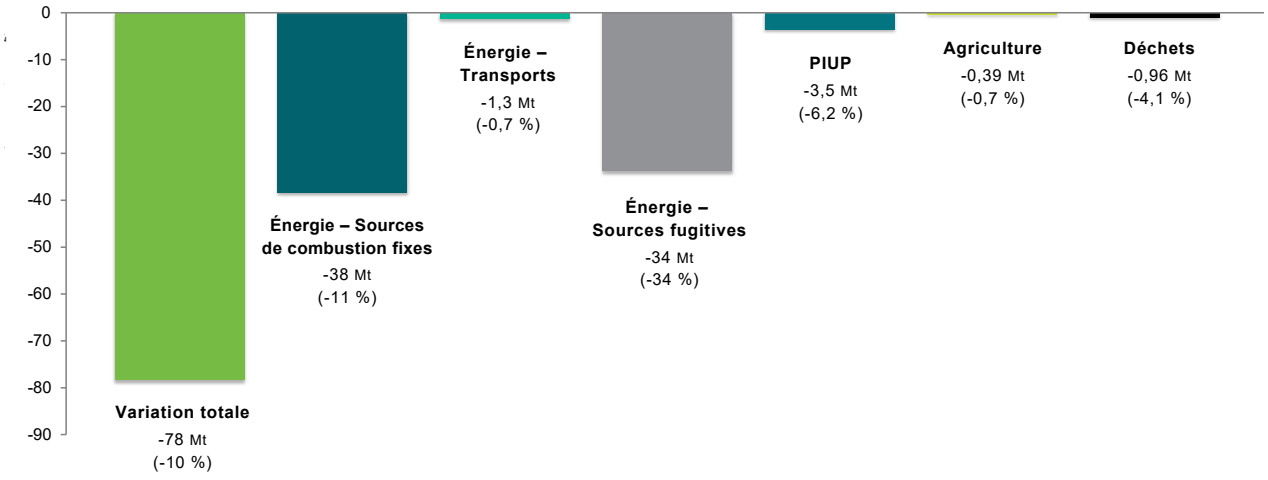


Tableau 2–4 Émissions de GES du Canada par secteur du GIEC (de 1990 à 2024)

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)																																					
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TOTAL[a, b]	**608**	**603**	**621**	**627**	**649**	**667**	**688**	**705**	**711**	**721**	**749**	**742**	**749**	**767**	**767**	**763**	**759**	**779**	**761**	**717**	**732**	**740**	**744**	**751**	**748**	**743**	**727**	**739**	**749**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**
ÉNERGIE	**488**	**482**	**500**	**503**	**521**	**537**	**555**	**572**	**580**	**591**	**617**	**612**	**617**	**632**	**628**	**626**	**622**	**645**	**628**	**595**	**608**	**613**	**610**	**619**	**619**	**613**	**594**	**609**	**616**	**616**	**549**	**558**	**563**	**554**	**552**
a. Sources de combustion fixes	**277**	**273**	**282**	**277**	**282**	**290**	**300**	**308**	**311**	**322**	**344**	**341**	**343**	**355**	**343**	**336**	**329**	**351**	**338**	**315**	**318**	**322**	**316**	**320**	**321**	**318**	**312**	**318**	**319**	**322**	**299**	**300**	**303**	**298**	**298**
Production d'électricité et de chaleur du secteur public	94	95	102	93	95	99	98	110	123	120	132	133	128	132	125	123	119	124	116	100	102	93	91	88	85	83	82	79	71	70	62	62	58	59	57
Industries de raffinage du pétrole	18	17	18	18	17	17	20	20	20	19	18	19	20	22	22	20	21	21	20	19	20	19	18	17	16	16	16	14	13	15	14	14	15	14	15
Extraction de pétrole et de gaz	30	29	31	34	35	36	36	35	37	49	53	55	58	63	60	63	66	74	74	75	76	83	86	90	94	97	92	99	105	105	101	104	105	106	109
Production de charbon	0,48	0,50	0,36	0,54	0,46	0,57	0,69	0,65	0,49	0,55	0,56	0,80	0,61	0,66	0,64	0,36	0,56	0,63	0,67	0,60	0,67	0,65	0,70	0,65	0,59	0,48	0,54	0,49	0,52	0,55	0,45	0,52	0,52	0,56	0,53
Fabrication de biocombustibles	0,13	0,12	0,11	0,11	0,16	0,18	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,12	0,13	0,07	0,17	0,15	0,26	0,40	0,63	0,64	0,75	0,79	0,94	0,96	0,90	0,93	0,89	0,86	0,86	0,96	0,84	0,80	0,77	0,79	0,81
Exploitation minière et extraction en carrière	4,1	3,8	3,3	3,4	4,1	4,4	4,3	4,6	4,2	3,9	4,3	4,1	3,9	4,2	4,1	3,9	4,5	4,7	4,9	4,6	4,6	4,6	5,0	4,3	4,0	3,7	3,3	4,0	5,4	5,4	4,9	5,3	5,8	5,2	5,3
Industries manufacturières	56	54	53	50	53	56	57	57	54	55	55	51	51	49	50	47	45	46	43	38	40	43	42	43	44	42	41	41	41	42	39	39	40	39	38
Construction	1,9	1,6	1,8	1,4	1,4	1,2	1,3	1,3	1,1	1,2	1,1	1,0	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,6
Commercial et institutionnel	26	27	27	28	28	29	30	30	28	29	33	33	34	35	34	32	29	31	30	30	29	31	29	30	31	30	34	36	37	38	35	33	35	33	32
Résidentiel	43	42	43	45	46	44	49	46	40	42	44	41	43	45	44	43	41	46	45	43	41	43	40	42	41	41	38	39	40	41	38	37	39	35	35
Agriculture et foresterie	2,4	2,7	3,2	3,0	2,5	2,8	2,9	2,9	2,6	2,7	2,6	2,2	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,5	2,5	2,5	2,7	3,2	3,3	3,2	3,0	3,0	3,2	3,1	3,2	3,3	3,1	3,2	3,3	3,2	3,4
b. Transports	**145**	**140**	**144**	**148**	**155**	**159**	**163**	**169**	**172**	**177**	**178**	**176**	**177**	**182**	**186**	**190**	**190**	**193**	**191**	**186**	**193**	**193**	**193**	**196**	**194**	**196**	**195**	**201**	**208**	**208**	**176**	**184**	**192**	**190**	**189**
Transport aérien	7,5	6,5	6,4	6,0	6,4	6,7	7,1	7,2	7,5	7,9	7,8	7,1	7,0	7,1	7,6	7,7	7,7	7,8	7,5	6,6	6,7	6,6	7,6	7,9	7,6	7,6	7,5	7,9	8,7	8,6	4,7	5,6	7,7	8,4	8,1
Transport aérien intérieur (civil)	7,3	6,3	6,2	5,8	6,2	6,5	6,8	7,0	7,3	7,7	7,5	6,9	6,8	6,8	7,3	7,5	7,5	7,5	7,2	6,4	6,4	6,4	7,3	7,7	7,4	7,3	7,3	7,7	8,4	8,3	4,6	5,4	7,5	8,2	7,9
Militaire	0,23	0,22	0,23	0,21	0,21	0,23	0,25	0,25	0,24	0,21	0,26	0,20	0,26	0,31	0,30	0,26	0,24	0,30	0,30	0,27	0,26	0,23	0,24	0,21	0,21	0,24	0,26	0,23	0,25	0,24	0,18	0,20	0,20	0,20	0,22
Transport routier	92	89	91	94	99	100	102	105	107	109	110	110	111	117	121	122	124	129	130	131	134	132	131	132	130	129	128	129	132	132	111	116	120	119	118
Véhicules légers à essence	44	43	44	45	45	44	44	43	43	42	42	42	42	42	42	41	40	40	39	39	38	36	35	35	34	34	34	32	32	31	24	25	25	25	24
Camions légers à essence	25	24	25	26	28	28	30	31	33	35	35	36	37	39	40	41	42	43	43	44	45	43	44	46	46	47	50	52	54	56	47	49	51	52	53
Véhicules lourds à essence	4,8	4,5	4,5	4,4	4,4	4,2	4,1	4,1	4,1	4,4	4,3	4,4	4,3	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6	4,6	4,4	4,5	4,4	4,3	4,3	4,3	4,5	4,5	4,6	4,2	4,2	3,9	4,0	4,1
Motocyclettes	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,26	0,28	0,32	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49	0,53	0,55	0,58	0,60	0,73	0,78	0,78	0,78	0,83	0,87	0,90	0,92	0,96	0,75	0,80	0,75	0,76	0,78
Véhicules légers à moteur diesel	0,37	0,36	0,37	0,38	0,41	0,43	0,44	0,46	0,45	0,43	0,46	0,46	0,48	0,58	0,63	0,66	0,74	0,81	0,81	0,81	0,74	0,77	0,74	0,76	0,76	0,71	0,65	0,60	0,47	0,43	0,31	0,33	0,36	0,31	0,29
Camions légers à moteur diesel	0,99	0,95	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,2	0,94	0,82	0,87	0,81	0,75	0,70	0,68	0,69	0,65	0,53	0,53	0,53	0,55	0,63	0,62	0,60	0,70	0,78	0,80	0,64	0,77	0,98	0,91	0,87
Véhicules lourds à moteur diesel	16	15	16	17	19	21	22	24	25	26	27	26	27	30	32	34	35	39	42	42	44	46	45	45	45	41	38	38	40	39	33	36	38	36	35
Véhicules au propane ou au gaz naturel	0,76	0,62	0,53	0,30	0,29	0,22	0,17	0,12	0,09	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,15	0,16	0,17	0,16	0,16
Transport ferroviaire	6,1	6,2	6,0	6,0	6,3	6,2	6,1	6,1	5,9	5,8	5,9	6,0	5,9	5,9	6,1	6,5	6,5	6,6	6,4	5,5	6,0	6,1	6,2	6,1	6,4	6,2	5,8	6,2	6,5	6,5	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8
Transport maritime	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,7	4,1	4,0	3,8	2,9	3,3	3,3	3,4
Transport maritime intérieur	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,3	3,5	3,9	3,8	3,5	2,8	3,2	3,2	3,3
Transport maritime militaire	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Autres moyens de transport	36	35	37	38	40	43	45	48	49	50	51	49	49	48	48	50	48	45	43	39	43	45	44	46	46	50	50	54	56	57	50	53	55	53	53
Véhicules hors route : Agriculture et foresterie	8,7	7,8	7,3	7,4	7,7	7,8	8,1	8,8	8,6	8,7	9,2	8,6	8,4	8,9	9,4	9,9	9,5	9,4	9,2	8,0	9,2	9,8	9,8	10	11	12	12	13	14	14	12	13	13	12	12
Véhicules hors route : Commercial et institutionnel	4,3	3,9	3,8	3,6	3,5	4,0	3,9	4,2	4,4	4,7	4,6	4,6	4,7	4,5	4,5	4,5	4,4	3,8	3,6	3,7	4,7	5,3	5,1	5,1	4,6	4,8	5,1	5,5	5,8	5,9	5,3	5,8	5,9	5,9	6,0
Véhicules hors route : Fabrication, mines et construction	12	12	12	13	13	14	15	16	16	17	17	17	16	16	16	16	16	15	15	13	15	16	16	16	15	17	17	19	20	20	17	18	18	17	18
Véhicules hors route : Résidentiel	0,37	0,41	0,47	0,54	0,64	0,69	0,75	0,81	0,86	0,95	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,96	0,91	0,84	0,83	0,76
Véhicules hors route : Autres	3,5	3,3	3,3	3,6	4,0	4,9	5,3	5,8	6,3	7,0	7,3	7,6	8,0	8,0	7,9	7,7	7,4	7,1	6,8	6,4	6,5	6,4	6,5	6,8	6,6	7,0	7,6	7,6	7,6	7,5	6,9	7,1	7,0	6,9	6,8
Transport par pipeline	6,9	7,7	9,9	10	11	12	13	13	13	13	11	10	11	9,1	8,5	10	9,6	8,4	7,5	6,4	5,7	5,7	5,8	6,8	8,0	8,3	7,7	7,6	8,4	8,5	7,8	8,7	10	9,7	10
c. Sources fugitives	**66**	**69**	**74**	**78**	**83**	**88**	**91**	**94**	**96**	**92**	**95**	**96**	**96**	**96**	**99**	**100**	**103**	**101**	**99**	**93**	**96**	**98**	**102**	**103**	**105**	**99**	**88**	**89**	**89**	**85**	**74**	**74**	**68**	**66**	**66**
Exploitation de la houille	3,2	3,2	2,6	2,8	2,8	2,6	2,4	2,5	2,2	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,7	1,5	1,4	1,5	1,5	1,3	1,5	1,5	1,6	1,7	1,5	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4	1,6	1,4
Pétrole et gaz naturel	63	66	71	75	81	85	89	91	94	90	93	94	95	94	97	98	102	99	98	92	95	97	100	101	103	98	86	88	88	84	72	73	67	64	65
d. Transport et stockage du CO_2	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS	**56**	**57**	**55**	**56**	**57**	**58**	**60**	**60**	**57**	**55**	**55**	**52**	**55**	**57**	**60**	**57**	**57**	**56**	**55**	**48**	**52**	**55**	**60**	**57**	**54**	**54**	**55**	**54**	**56**	**54**	**52**	**54**	**53**	**55**	**53**
a. Produits minéraux	**8,5**	**7,6**	**7,3**	**7,4**	**8,5**	**9,2**	**8,9**	**9,5**	**9,6**	**9,9**	**10**	**9,4**	**9,7**	**9,7**	**10**	**10**	**10**	**10**	**9,4**	**7,2**	**7,9**	**8,0**	**8,5**	**7,8**	**7,9**	**8,1**	**7,9**	**8,6**	**9,0**	**8,9**	**8,3**	**9,0**	**8,4**	**8,9**	**8,5**
Production de ciment	5,8	4,8	4,8	4,9	5,8	6,5	6,2	6,7	6,8	7,1	7,2	7,0	7,1	7,2	7,5	7,6	7,7	7,7	7,0	5,4	6,0	6,0	6,5	6,0	5,9	6,2	6,1	6,9	7,3	7,2	6,8	7,4	6,8	7,3	6,9
Production de chaux	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,3	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3
Utilisation de produits minéraux	0,80	0,91	0,64	0,62	0,78	0,69	0,81	0,91	0,85	0,71	0,83	0,68	0,75	0,70	0,79	0,83	0,80	0,79	0,75	0,61	0,41	0,45	0,44	0,38	0,38	0,41	0,39	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,29
b. Industrie chimique	**16**	**16**	**15**	**16**	**18**	**17**	**18**	**16**	**13**	**10**	**8,5**	**8,4**	**8,7**	**9,0**	**11**	**10**	**8,7**	**7,9**	**8,7**	**5,8**	**5,7**	**6,3**	**6,6**	**6,6**	**6,3**	**6,7**	**6,8**	**6,3**	**6,4**	**6,2**	**5,9**	**5,7**	**5,7**	**5,6**	**5,6**
Production d'ammoniac	2,7	2,7	2,5	2,9	3,0	2,9	2,8	2,8	3,1	3,0	2,9	2,6	2,6	2,6	2,9	2,7	2,8	2,6	2,8	2,4	2,5	2,9	3,0	3,0	2,6	2,9	2,8	2,6	2,4	2,5	2,3	2,5	2,6	2,4	2,3
Production d'acide nitrique	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	0,7	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Production d'acide adipique	9,2	8,5	8,5	7,8	9,4	9,2	9,8	8,5	4,3	1,5	0,8	0,7	1,1	0,9	2,6	2,3	1,0	1,3	2,1	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Production pétrochimique et de noir de carbone	3,5	3,6	3,6	4,2	4,5	4,3	4,6	4,2	4,4	4,1	3,7	4,1	3,9	4,3	4,4	3,9	3,8	3,1	3,1	2,4	2,8	3,1	3,3	3,3	3,6	3,6	3,7	3,5	3,7	3,5	3,5	3,0	3,0	3,1	3,2
c. Production de métaux	**24**	**27**	**26**	**26**	**25**	**24**	**24**	**24**	**25**	**24**	**24**	**22**	**22**	**22**	**22**	**21**	**22**	**20**	**20**	**17**	**17**	**18**	**18**	**16**	**16**	**16**	**17**	**16**	**17**	**16**	**15**	**16**	**16**	**17**	**16**
Production sidérurgique	11	13	13	13	12	12	12	12	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	9	10	11	11	9	10	10	11	10	11	10	9	10	10	10	10
Production d'aluminium	10	10	10	11	10	9,4	10	10	10	8,8	8,4	7,9	7,6	7,8	7,4	8,3	7,8	7,4	7,5	7,3	6,7	6,6	6,3	6,4	5,7	5,6	5,9	5,9	5,4	5,2	5,8	5,8	5,7	6,1	6,0
Production de magnésium et d'autres métaux	3,2	3,7	2,4	2,2	2,3	2,2	1,8	1,8	2,3	2,4	2,9	2,5	3,0	2,6	2,3	1,4	1,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3
d. Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3	**0,82**	**0,89**	**0,70**	**0,00**	**0,00**	**0,46**	**0,78**	**1,1**	**1,5**	**2,1**	**2,6**	**3,0**	**3,4**	**3,8**	**4,3**	**4,8**	**5,1**	**5,7**	**5,8**	**6,5**	**7,5**	**8,3**	**8,7**	**9,3**	**9,9**	**10**	**11**	**11**	**12**	**12**	**11**	**11**	**11**	**10**	**9,7**
e. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant	**5,9**	**5,7**	**5,4**	**6,0**	**6,1**	**6,4**	**7,9**	**8,6**	**7,9**	**8,8**	**8,7**	**8,7**	**10**	**12**	**13**	**10**	**11**	**11**	**11**	**11**	**13**	**14**	**17**	**16**	**14**	**13**	**12**	**11**	**11**	**11**	**11**	**12**	**12**	**13**	**12**
f. Fabrication et utilisation d'autres produits	**0,36**	**0,36**	**0,34**	**0,34**	**0,35**	**0,37**	**0,33**	**0,37**	**0,47**	**0,55**	**0,57**	**0,64**	**0,48**	**0,57**	**0,59**	**0,51**	**0,48**	**0,52**	**0,50**	**0,44**	**0,41**	**0,36**	**0,46**	**0,51**	**0,42**	**0,51**	**0,56**	**0,58**	**0,65**	**0,62**	**0,66**	**0,66**	**0,61**	**0,65**	**0,68**

Tableau 2–4 **Émissions de GES du Canada par secteur du GIEC (de 1990 à 2024)** (suite)

Catégories de sources de GES		Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)																																		
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
AGRICULTURE		**43**	**43**	**45**	**46**	**48**	**50**	**51**	**51**	**52**	**52**	**53**	**54**	**54**	**55**	**56**	**57**	**56**	**55**	**55**	**52**	**51**	**51**	**53**	**54**	**53**	**54**	**54**	**53**	**55**	**55**	**57**	**56**	**56**	**55**	**56**
a.	**Fermentation entérique**	**25**	**26**	**27**	**27**	**29**	**30**	**30**	**30**	**30**	**31**	**31**	**32**	**32**	**32**	**34**	**35**	**33**	**32**	**31**	**30**	**28**	**28**	**28**	**28**	**27**	**27**	**27**	**27**	**27**	**27**	**27**	**27**	**27**	**26**	**26**
b.	**Gestion des fumiers**	**6,2**	**6,3**	**6,6**	**6,7**	**6,9**	**7,3**	**7,4**	**7,5**	**7,7**	**7,9**	**8,1**	**8,5**	**8,6**	**8,7**	**8,9**	**9,0**	**8,9**	**8,6**	**8,5**	**8,1**	**8,0**	**7,9**	**8,0**	**8,0**	**8,0**	**8,1**	**8,2**	**8,3**	**8,3**	**8,3**	**8,3**	**8,3**	**8,2**	**8,1**	**8,2**
c.	**Sols agricoles**	**10**	**10**	**10**	**11**	**11**	**11**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**11**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**13**	**13**	**13**	**13**	**15**	**16**	**15**	**16**	**16**	**16**	**16**	**17**	**18**	**17**	**18**	**18**	**18**
	Sources directes	7,9	7,6	7,9	8,7	8,6	8,6	9,1	9,2	9,4	9,2	9,2	9,1	8,9	9,7	9,2	9,0	9,3	9,6	10	10	10	10	12	12	12	13	13	12	13	13	14	13	14	14	15
	Sources indirectes	2,3	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,7	2,8	2,7	2,7	2,8	3,0	2,9	2,9	2,9	3,1	3,4	3,3	3,3	3,5	3,3	3,5	3,5	3,7	3,5	3,6	3,7	3,8
d.	**Incinération des résidus agricoles dans les champs**	**0,24**	**0,19**	**0,17**	**0,19**	**0,20**	**0,20**	**0,19**	**0,20**	**0,21**	**0,16**	**0,14**	**0,12**	**0,12**	**0,14**	**0,04**	**0,05**	**0,05**	**0,04**	**0,05**	**0,06**	**0,04**	**0,03**	**0,04**	**0,06**	**0,05**	**0,06**	**0,05**	**0,05**	**0,05**	**0,05**	**0,06**	**0,04**	**0,05**	**0,05**	**0,05**
e.	**Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés**	**1,2**	**1,1**	**1,2**	**1,2**	**1,4**	**1,5**	**1,5**	**1,6**	**1,6**	**1,5**	**1,6**	**1,4**	**1,5**	**1,6**	**1,5**	**1,4**	**1,5**	**1,7**	**1,7**	**1,8**	**1,8**	**2,0**	**2,3**	**2,7**	**2,5**	**2,6**	**2,5**	**2,4**	**2,6**	**2,7**	**3,0**	**3,1**	**2,8**	**3,1**	**3,4**
DÉCHETS		**21**	**21**	**21**	**22**	**22**	**22**	**22**	**22**	**23**	**23**	**24**	**23**	**24**	**23**	**23**	**23**	**24**	**23**	**23**	**22**	**22**	**22**	**22**	**22**	**22**	**22**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**
a.	**Sites d'enfouissement**	**19**	**19**	**19**	**19**	**20**	**19**	**19**	**19**	**20**	**21**	**21**	**21**	**21**	**21**	**20**	**21**	**21**	**20**	**20**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**19**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**19**
	Sites d'enfouissement municipaux	18	18	18	18	19	18	18	18	19	19	20	19	20	20	19	20	20	19	19	18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	18
	Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
b.	**Traitement biologique des déchets solides**	**0,15**	**0,17**	**0,20**	**0,22**	**0,24**	**0,26**	**0,28**	**0,28**	**0,31**	**0,28**	**0,29**	**0,29**	**0,30**	**0,30**	**0,32**	**0,33**	**0,32**	**0,35**	**0,37**	**0,38**	**0,38**	**0,43**	**0,42**	**0,43**	**0,44**	**0,44**	**0,45**	**0,46**	**0,50**	**0,50**	**0,51**	**0,60**	**0,61**	**0,61**	**0,61**
c.	**Incinération et combustion à l'air libre de déchets**	**0,29**	**0,30**	**0,32**	**0,33**	**0,36**	**0,40**	**0,37**	**0,32**	**0,35**	**0,32**	**0,36**	**0,38**	**0,39**	**0,34**	**0,35**	**0,35**	**0,33**	**0,31**	**0,33**	**0,29**	**0,31**	**0,30**	**0,18**	**0,19**	**0,18**	**0,20**	**0,20**	**0,19**	**0,18**	**0,17**	**0,16**	**0,15**	**0,17**	**0,16**	**0,15**
d.	**Traitement et rejet des eaux usées**	**1,8**	**1,9**	**1,9**	**1,9**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**2,1**	**2,1**	**2,1**	**2,1**	**2,1**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,3**	**2,4**	**2,4**	**2,4**	**2,4**	**2,5**	**2,6**	**2,6**	**2,6**	**2,6**	**2,6**	**2,5**	**2,5**	**2,6**	**2,6**
	Traitement et rejet des eaux usées municipales	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
	Traitement et rejet des eaux usées industrielles	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,40	0,40	0,41	0,51	0,52	0,45	0,46	0,41	0,37	0,35	0,28	0,24	0,23
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		**61**	**51**	**62**	**74**	**64**	**73**	**62**	**59**	**51**	**55**	**62**	**47**	**79**	**76**	**75**	**81**	**60**	**58**	**46**	**14**	**41**	**40**	**26**	**28**	**6**	**42**	**26**	**19**	**24**	**16**	**26**	**14**	**46**	**-8,7**	**4,3**
a.	**Terres forestières**	**79**	**72**	**81**	**87**	**94**	**105**	**92**	**99**	**88**	**113**	**119**	**99**	**118**	**111**	**145**	**145**	**123**	**102**	**70**	**36**	**62**	**58**	**56**	**58**	**54**	**63**	**55**	**52**	**56**	**36**	**36**	**29**	**15**	**1,3**	**-1,2**
b.	**Terres cultivées**	**5,6**	**-1,9**	**0,8**	**8,2**	**-4,8**	**-6,4**	**-5,2**	**-8,6**	**-4,6**	**-14**	**-16**	**-9,5**	**6,8**	**9,7**	**-22**	**-20**	**-24**	**-17**	**-19**	**-34**	**-20**	**-13**	**-21**	**-22**	**-40**	**-7,8**	**-13**	**-19**	**-19**	**-12**	**-10**	**-14**	**24**	**-21**	**-3,6**
c.	**Prairies**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
d.	**Terres humides**	**10**	**9,7**	**9,5**	**9,0**	**8,6**	**8,8**	**8,4**	**8,2**	**8,2**	**8,3**	**7,5**	**7,3**	**7,3**	**7,3**	**7,2**	**7,0**	**6,8**	**6,9**	**6,8**	**6,8**	**6,6**	**6,2**	**6,2**	**6,4**	**6,3**	**6,3**	**6,0**	**6,1**	**5,8**	**5,6**	**5,6**	**5,6**	**6,0**	**5,7**	**5,5**	**5,4**
e.	**Établissements**	**4,9**	**5,0**	**4,7**	**4,3**	**4,1**	**3,7**	**4,4**	**4,1**	**4,4**	**4,3**	**4,3**	**4,5**	**4,9**	**4,8**	**5,2**	**5,1**	**5,6**	**5,5**	**5,8**	**4,7**	**4,8**	**5,1**	**5,6**	**6,2**	**6,3**	**6,3**	**6,3**	**6,3**	**5,4**	**4,9**	**5,0**	**4,7**	**4,6**	**4,5**	**4,6**	**4,3**
f.	**Produits ligneux récoltés**	**-39**	**-34**	**-34**	**-35**	**-39**	**-39**	**-38**	**-43**	**-44**	**-57**	**-52**	**-55**	**-58**	**-57**	**-61**	**-57**	**-51**	**-39**	**-17**	**1,0**	**-12**	**-16**	**-21**	**-21**	**-20**	**-26**	**-28**	**-25**	**-24**	**-18**	**-10**	**-11**	**-3,0**	**0,7**	**-0,6**

Notes :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
Les estimations sont fondées sur les meilleures informations existant au moment de la publication et sont sujettes à révision dans les éditions ultérieures de l'inventaire.
Pour plus d'informations sur le degré d'incertitude associé aux estimations des émissions, se référer à l'Annexe 2 du Rapport d'inventaire national.
a. Les totaux excluent tous les GES du secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie.
b. Dans la catégorie Transports, les émissions attribuables à l'utilisation d'éthanol sont prises en compte dans les émissions de l'essence, et celles attribuables au biodiesel, dans les émissions du diesel.
c. L'utilisation de HFC et de PFC remonte à 1995; avant 1995, des émissions de HFC ont été générées en tant que sous-produit de la production de HCFC (HCFC-22 uniquement), mais seulement de 1990 à 1992, et les émissions de PFC étaient un sous-produit des émissions de CF_4 associées à l'utilisation de NF_3.
0,00 Indique que les émissions ont été tronquées parce qu'elles ont été arrondies.
- Indique qu'il n'y a aucune émission.

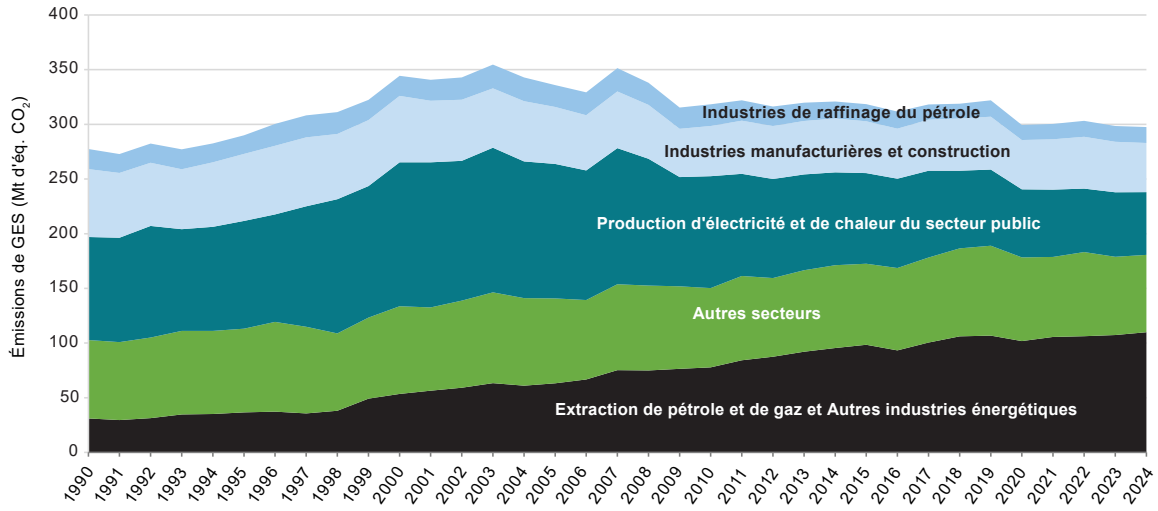
2.3.1. Secteur de l'Énergie (émissions de GES en 2024 : 552 Mt)

En 2024, le secteur de l'Énergie a contribué à 81 % des émissions totales de GES du Canada. Les sources du secteur de l'Énergie sont regroupées dans les catégories suivantes : Sources de combustion fixes, Transports, Sources fugitives et Transport et stockage du CO_2. Une description détaillée de chacune est fournie au Chapitre 3.

2.3.1.1. Sources de combustion fixes (émissions de GES en 2024 : 298 Mt)

Les Sources de combustion fixes produisent 54 % des émissions du secteur de l'Énergie. En 2024, les émissions totales se sont élevées à 298 Mt, une augmentation de 7,3 % par rapport aux niveaux d'émissions de 1990 de 277 Mt et une diminution de 11 % par rapport à ceux de 2005 de 336 Mt (Figure 2–10, Tableau 2–5). En ce qui a trait aux Sources de combustion fixes, les catégories dominantes sont l'Extraction de pétrole et de gaz ainsi que la Production d'électricité et de chaleur du secteur public, qui ont contribué respectivement à 36 % et 19 % des émissions totales de Sources de combustion fixes en 2024. Les catégories Industries manufacturières, Résidentiel, et Commercial et institutionnel ont contribué respectivement à 13 %, 12 % et 11 % des émissions totales de Sources de combustion fixes en 2024.

Figure 2–10 **Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources de combustion fixes (de 1990 à 2024)**



Notes :
« Extraction de pétrole et de gaz et Autres industries énergétiques » comprend l'Extraction de pétrole et de gaz, la Production de charbon et la Fabrication de biocombustibles.
« Industries manufacturières et construction » comprend les Industries manufacturières, l'Exploitation minière et l'extraction en carrière, et la Construction.
« Autres secteurs » comprend les catégories Résidentiel, Commercial et institutionnel, et Agriculture et foresterie.

Tableau 2–5 **Émissions de GES des Sources de combustion fixes, certaines années**

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
SOURCES DE COMBUSTION FIXES	**277**	**336**	**322**	**299**	**300**	**303**	**298**	**298**	**7,3 %**	**-11 %**
Production d'électricité et de chaleur du secteur public	**94**	**123**	**70**	**62**	**62**	**58**	**59**	**57**	**-39 %**	**-53 %**
Raffinage du pétrole	**18**	**20**	**15**	**14**	**14**	**15**	**14**	**15**	**-20 %**	**-27 %**
Extraction de pétrole et de gaz et autres industries énergétiques	**31**	**63**	**107**	**102**	**106**	**106**	**107**	**110**	**254 %**	**74 %**
Extraction de pétrole et de gaz	30	63	105	101	104	105	106	109	257 %	73 %
Production de charbon	0,48	0,36	0,55	0,45	0,52	0,52	0,56	0,53	10 %	46 %
Fabrication de biocombustibles	0,13	0,15	0,96	0,84	0,80	0,77	0,79	0,81	499 %	429 %
Industries manufacturières et construction	**62**	**52**	**48**	**45**	**46**	**47**	**46**	**45**	**-28 %**	**-14 %**
Sidérurgie	4,9	5,0	5,0	4,3	4,8	4,5	4,5	4,6	-6,7 %	-8,4 %
Métaux non ferreux	3,5	3,8	3,4	3,2	3,0	3,2	3,1	2,9	-17 %	-23 %
Produits chimiques	8,1	8,2	9,4	9,4	9,2	9,1	9,3	9,4	15 %	15 %
Pâtes, papiers et imprimerie	14	8,6	7,1	6,4	6,7	6,8	6,5	5,8	-60 %	-33 %
Ciment	3,9	5,0	4,2	3,7	3,5	3,6	3,5	3,3	-16 %	-34 %
Autres industries manufacturières	21	16	13	12	12	13	12	12	-43 %	-25 %
Exploitation minière et extraction en carrière	4,1	3,9	5,4	4,9	5,3	5,8	5,2	5,3	28 %	35 %
Construction	1,9	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,6	-17 %	7,9 %
Commercial et institutionnel	**26**	**32**	**38**	**35**	**33**	**35**	**33**	**32**	**24 %**	**0,2 %**
Résidentiel	**43**	**43**	**41**	**38**	**37**	**39**	**35**	**35**	**-19 %**	**-19 %**
Agriculture, foresterie et pêches	**2,4**	**2,2**	**3,3**	**3,1**	**3,2**	**3,3**	**3,2**	**3,4**	**43 %**	**57 %**

Note : Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.

Production d'électricité et de chaleur du secteur public (émissions de GES en 2024 : 57 Mt)

Les émissions de cette catégorie varient en fonction des caractéristiques de la demande instantanée et des fluctuations entre les sources d'approvisionnement émettant peu de GES et celles émettant un niveau élevé de GES. De 1990 à 2024, les données de Statistique Canada indiquent que la production d'électricité (stimulée par la demande) a augmenté de 30 % (Statistique Canada, s.d. [c]), passant de 433 TWh[7] à 562 TWh. Malgré l'intensification de la demande pendant cette période, les émissions de GES ont baissé de 39 % (37 Mt) entre 1990 et 2024. Il s'agit d'une diminution de 53 % des émissions de GES par kilowattheure (voir l'Annexe 7 pour de précisions). De la même façon, la production d'électricité a augmenté de 1,0 % entre 2005 et 2024, tandis que les émissions correspondantes ont diminué de 53 % (65 Mt). Au cours de ces deux périodes, l'utilisation d'un mélange de types de production à intensité de GES beaucoup moins élevée a été la principale cause de la diminution des émissions (Figure 2–11).

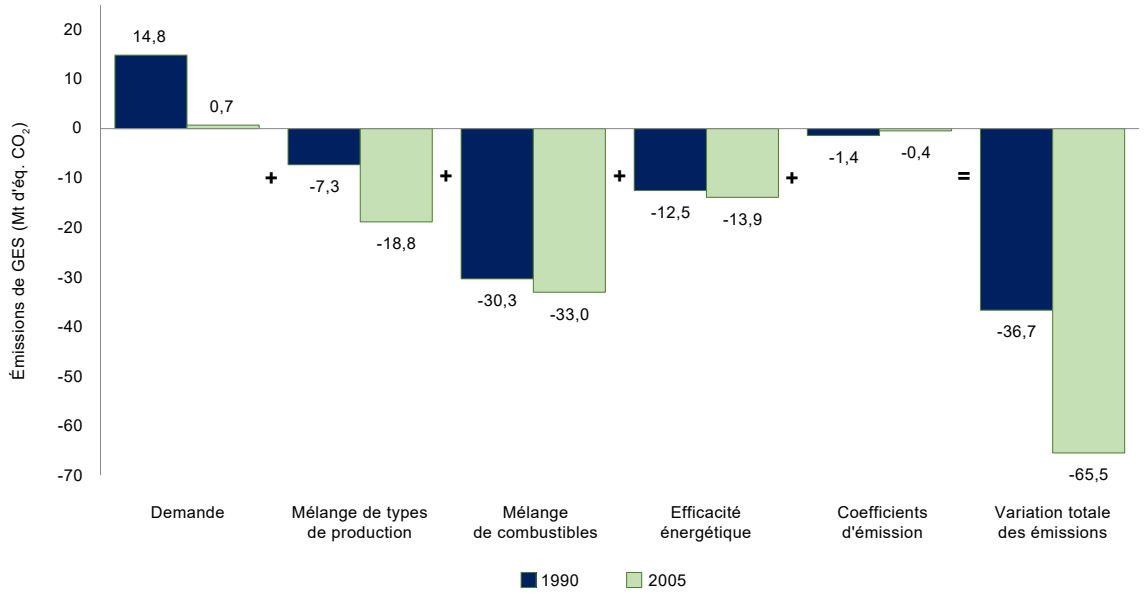
Des sources à faibles émissions autres que la combustion, soit l'hydroélectricité, l'énergie nucléaire et les sources d'énergies renouvelables autres que l'hydroélectricité (éoliennes, cellules solaires photovoltaïques et énergie marémotrice), représentaient 94 % de la hausse de production enregistrée entre 1990 et 2024, et contribuaient à 81 % de la production totale d'électricité au Canada en 2024. La production d'hydroélectricité comptabilisait à elle seule 57 % de la production totale d'électricité en 2024, suivie de la production d'énergie nucléaire à 14 % et des sources d'énergies renouvelables autres que l'hydroélectricité à 9 %. Le recours accru à des sources autres que la combustion dans la production constitue la deuxième contribution en importance à la réduction des émissions observée depuis 2005 (19 Mt).

La première contribution à cette réduction depuis 2005 vient du passage graduel à un mélange de combustibles aux émissions de GES moins intenses servant à produire de l'électricité et de la chaleur. Entre 2005 et 2024, la quantité d'électricité produite par les centrales alimentées au gaz naturel a augmenté de 194 % (58 TWh), tandis que la quantité produite à partir de charbon et de produits pétroliers raffinés a baissé respectivement d'environ 84 % (79 TWh) et 77 % (8,3 TWh). La combustion de gaz naturel génère environ la moitié moins de carbone que la combustion de charbon et environ 25 % moins de carbone que celle de la plupart des produits pétroliers raffinés. L'incidence globale du remplacement du charbon et des produits pétroliers raffinés par le gaz naturel a été une baisse d'environ 30 Mt entre 1990 et 2024, et d'environ 33 Mt entre 2005 et 2024.

En outre, l'efficacité de l'équipement de combustion a joué un rôle dans la réduction des émissions de GES. Les améliorations en matière d'efficacité énergétique ont entraîné une réduction d'environ 13 Mt d'émissions de GES entre 1990 et 2024 et de 14 Mt entre 2005 et 2024.

7 1 TWh équivaut à 1 milliard de kWh, soit la quantité d'électricité consommée par environ 90 000 ménages au Canada en approximativement une année.

Figure 2–11 **Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES de la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public, de 1990 à 2024 et de 2005 à 2024**



Notes :
Demande – La demande renvoie au niveau d'activité de production d'électricité dans le secteur des services publics et comprend la production à partir de sources de combustion et d'autres sources.
Mélange de types de production – Le mélange de types de production désigne la part relative des sources de combustion et des sources autres que les sources de combustion dans l'activité de production.
Mélange de combustibles (production d'électricité par combustion) – Le mélange de combustibles désigne la part relative de chaque combustible utilisé pour produire de l'électricité.
Efficacité énergétique – L'efficacité énergétique concerne l'efficacité de l'équipement utilisé dans la production d'électricité par combustion.
Coefficients d'émissions – Le coefficient d'émissions représente les variations des sources de combustibles et de la teneur en énergie dérivée de combustibles observées au fil du temps.

Raffinage du pétrole (émissions de GES en 2024 : 15 Mt)

De 1990 à 2024, les émissions de GES attribuables à la catégorie Raffinage du pétrole ont diminué de 3,7 Mt (20 %), ce qui reflète la consolidation de l'industrie durant cette période. En 1990, 27 raffineries étaient en activité au Canada, dont la capacité moyenne en matière de pétrole brut s'élevait à environ 11 000 m^3 par jour (REC, 2018), alors qu'en 2024, il en restait 16, dont la capacité moyenne se chiffrait à environ 18 500 m^3 par jour (ACPP, 2025). Depuis 2005, cinq raffineries ont fermé leurs portes de façon permanente ou se sont converties en installations terminales, dont une en installation de biocarburant : North Atlantic Come-By-Chance (2020), Imperial Oil Dartmouth (2013), Parkland Bowden (2012), Shell Montréal (2010) et Petro-Canada Oakville (2005). Ces fermetures ont fait diminuer de 5,4 Mt (27 %) les émissions entre 2005 et 2024.

Extraction de pétrole et de gaz et Autres industries énergétiques (émissions de GES en 2024 : 110 Mt)

Les émissions de combustion fixe des catégories Extraction de pétrole et de gaz et Autres industries énergétiques ont augmenté de 79 Mt (254 %) entre 1990 et 2024 et de 47 Mt (74 %) entre 2005 et 2024. Cette catégorie comprend les émissions associées à l'utilisation de combustibles pour l'Extraction de pétrole et de gaz (Production et le traitement du gaz naturel, la Production de pétrole classique, la Production thermique in situ et l'Exploitation, l'extraction et la valorisation des sables bitumineux), la Production de charbon et la Fabrication de biocombustibles. La hausse entre 2005 et 2024 est surtout due à l'Extraction de pétrole et de gaz (46 Mt), les hausses étant significativement moindres en Fabrication de biocombustibles (0,7 Mt) et en Production de charbon (0,2 Mt).

L'augmentation des émissions issues de l'Extraction de pétrole et de gaz est attribuable à une hausse de 276 % de la production de bitume naturel non valorisé et de pétrole brut synthétique par l'industrie des sables bitumineux depuis 2005 (AER, s.d.), ainsi qu'à l'utilisation accrue de techniques d'extraction plus énergivores, comme le forage horizontal, la fracturation hydraulique et la récupération assistée des hydrocarbures.

Dans l'industrie des sables bitumineux et du pétrole lourd, le pétrole brut est extrait par l'exploitation de mines à ciel ouvert, des techniques d'extraction thermique in situ comme le drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV) et la méthode de stimulation cyclique par la vapeur d'eau, ou des méthodes de production primaires semblables aux techniques de production de pétrole classique. Les procédés d'extraction thermique nécessitent l'injection de grands volumes de vapeur, généralement produite par la combustion de gaz naturel, dans la formation productrice. En général, l'augmentation des émissions issues de l'Extraction de pétrole et de gaz peut découler de plusieurs activités, mais elle a tendance à concorder avec l'augmentation de 100 % de la consommation de gaz naturel depuis 2005, qui coïncide avec une hausse de 467 % de la production de

bitume naturel et de pétrole lourd thermique in situ (AER, s.d.; Petrinex, s.d.) en Alberta et en Saskatchewan, principalement due au DGMV. À l'opposé, depuis 2005, la production de gaz naturel n'a augmenté que de 5 % (Statistique Canada, s.d. [h]), tandis que la production de pétrole classique, y compris la production primaire de bitume naturel dans les régions des sables bitumineux, n'a augmenté que de 12 % (AER, s.d.; Statistique Canada, s.d. [d], s.d. [e]).

Des renseignements supplémentaires sur la catégorie Extraction de pétrole et de gaz sont donnés au Tableau 2–14, où les émissions sont réparties par secteur économique (Production et traitement du gaz naturel, Production de pétrole classique et Sables bitumineux et production de pétrole lourd thermique). La section 2.4.1 présente également une brève analyse des tendances dans l'industrie pétrolière et gazière, par secteur économique.

Industries manufacturières et construction (émissions de GES en 2024 : 45 Mt)

Les émissions de GES imputables à la combustion dans la catégorie Industries manufacturières et construction englobent l'utilisation de combustibles fossiles par plusieurs industries : Sidérurgie, Métaux non ferreux, Produits chimiques, Ciment, Pâtes, papiers et imprimerie, Autres industries manufacturières, Exploitation minière et Construction.

En 2024, les émissions de GES des Industries manufacturières et construction s'élevaient à 45 Mt, en baisse de 28 % (17 Mt) par rapport à 1990 et de 14 % (7,2 Mt) à partir de 2005. La diminution entre 2005 et 2024 résulte d'une diminution des émissions dans les sous-catégories Autres industries manufacturières (-4,1 Mt), Pâtes, papiers et imprimerie (-2,8 Mt), Ciment (-1,7 Mt), Métaux non ferreux (0,9 Mt) et Sidérurgie (-0,4 Mt), contrebalancée par une augmentation dans l'Exploitation de mines et de carrières (1,4 Mt), les Produits chimiques (1,2 Mt) et la Construction (0,1 Mt).

Comme dans la Production d'électricité, la diminution des émissions des Industries manufacturières et construction est en grande partie attribuable à une utilisation moindre de combustibles et au remplacement des combustibles par d'autres rejetant moins de GES. En 1990, le gaz naturel représentait 89 % du mélange de combustibles des Autres industries manufacturières, tandis qu'en 2024, il ne représentait que 67 %. La consommation de bois a majoritairement remplacé le gaz naturel. Ces deux combustibles constituaient 97 % du mélange de combustibles en 2024. En 1990, le mazout lourd représentait 17 % du mélange de combustibles dans la sous-catégorie Pâtes, papiers et imprimerie, alors qu'en 2024, ce mélange était composé à 99 % de combustibles générant moins d'émissions de GES, comme le gaz naturel, la lessive de pâte épuisée et les déchets de bois. À l'opposé, les émissions de combustion des industries chimiques affichaient une augmentation de 1,2 Mt (15 %). Parallèlement, la production chimique a connu une hausse de 44 % (CEEDC, s.d.) entre 1990 et 2024.

Autres secteurs (émissions de GES en 2024 : 71 Mt)

La catégorie des Autres secteurs comprend les émissions des sous-catégories Résidentiel, Commercial et institutionnel, et Agriculture et foresterie. Les émissions de GES des sous-catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel découlent de l'utilisation de combustibles, comme le gaz naturel, le mazout de chauffage et les biocombustibles (autres que le CO_2 seulement), surtout pour chauffer les bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels. En 2024, ces catégories ont généré 67 Mt de GES, une baisse de 3,0 % depuis 1990. Les émissions dans la sous-catégorie Agriculture et foresterie résultent pour la plupart de l'utilisation de combustibles dans des activités telles que le séchage des céréales et le chauffage des étables, des bâtiments et des serres. Les émissions dans cette sous-catégorie affichent une hausse de 1,0 Mt (43 %).

Dans l'ensemble, les émissions de la catégorie Résidentiel ont diminué de 8,4 Mt (19 %) entre 1990 et 2024, et entre 2005 et 2024. À l'inverse, les émissions de la catégorie Commercial et institutionnel ont augmenté de 6,3 Mt (24 %) entre 1990 et 2024et de 0,06 Mt (0,19 %) entre 2005 et 2024. L'efficacité énergétique accrue, les nouvelles constructions résidentielles, la population croissante et les augmentations de la superficie utile commerciale sont les principaux facteurs ayant influé sur l'évolution des émissions reliées à l'énergie dans les sous-catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel (Figure 2–12 et Figure 2–13).

Dans la sous-catégorie Résidentiel, les facteurs qui ont le plus fait augmenter les émissions étaient la démographie et la superficie utile par personne, bien que leurs effets aient été plus que compensés par l'efficacité énergétique accrue, qui équivaut à une diminution de 24,8 Mt des émissions entre 1990 et 2024. Une consommation moindre de mazout léger dans l'ensemble des provinces et des territoires, particulièrement au Québec et en Ontario, est le plus grand facteur de la diminution de 1,3 Mt parmi le mélange de combustibles responsable des émissions résidentielles entre 1990 et 2024.

À long terme, la superficie utile a constitué le facteur de croissance des émissions le plus important dans la sous-catégorie Commercial et institutionnel, ayant augmenté de 52 % depuis 1990[8]. La hausse des émissions de 11,8 Mt qui en découle a été partiellement contrebalancée par des améliorations dans le mélange de combustibles et l'efficacité énergétique; le résultat équivaut à une baisse respective de 1,2 Mt et 0,4 Mt des émissions de GES (Figure 2–13).

Le régime climatique peut exercer une influence sur la variabilité interannuelle des émissions pour différentes années, comme semble l'indiquer le rapport étroit entre les degrés-jours de chauffage (DJCh) et les émissions de GES (Figure 2–14). L'incidence des conditions météorologiques sur les besoins de chauffage local et la demande en combustibles peut se traduire en profils d'émissions qui se moulent à la variabilité interannuelle des conditions météorologiques.

8 Lasota, M. 2026. Communication personnelle (courriel de Lasota M. à Kay, J., spécialiste des sciences physiques, DIRP, daté du 13 janvier 2026). Direction de l'analyse économique, Environnement et Changement climatique Canada.

Figure 2–12 **Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Résidentiel, entre 1990 et 2024**

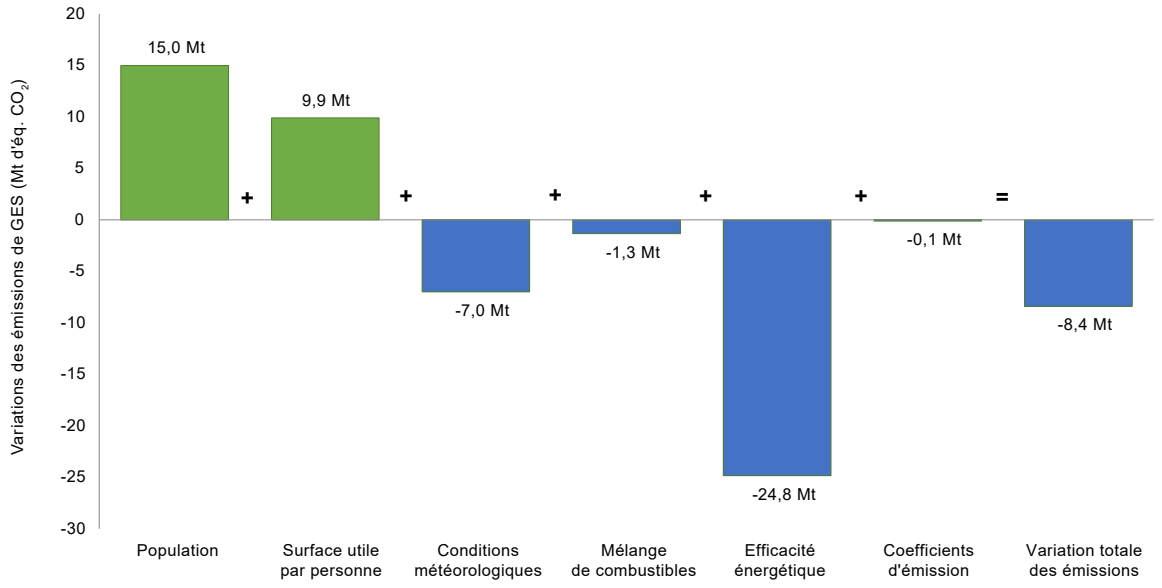
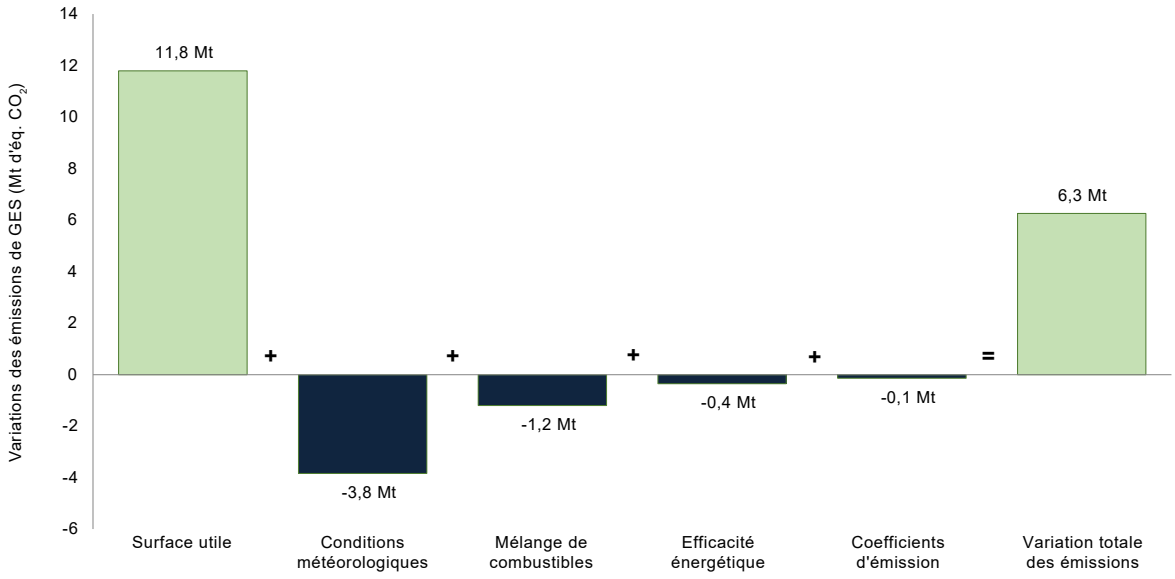


Figure 2–13 **Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Commercial et institutionnel, entre 1990 et 2024**



Notes :

Superficie utile et population – La superficie utile désigne les variations de la superficie totale dans le temps. En ce qui concerne le secteur résidentiel, la superficie utile est ensuite répartie selon les changements dans la population et les changements dans la superficie utile par personne.

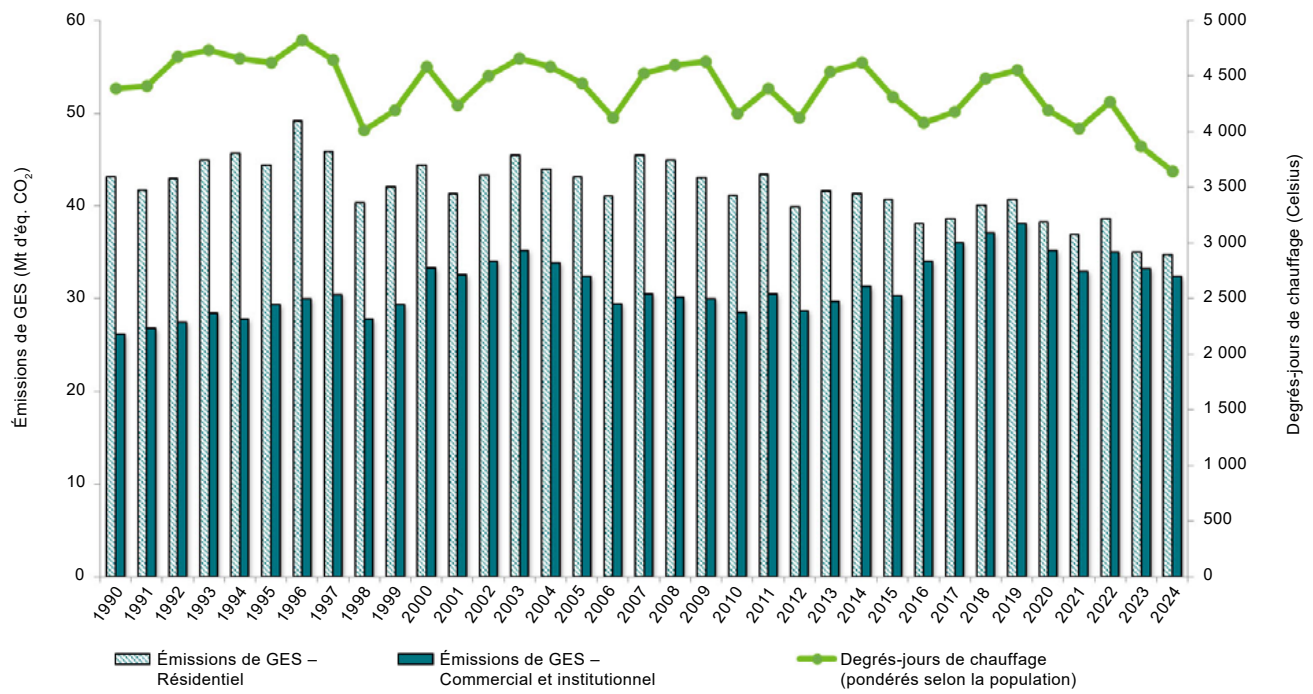
Conditions météorologiques – Il s'agit des fluctuations des conditions météorologiques, notamment les températures hivernales.

Mélange de combustibles – Le mélange de combustibles désigne la part de chaque combustible utilisé pour le chauffage.

Efficacité énergétique – L'efficacité énergétique concerne l'efficacité des bâtiments et de l'équipement utilisé pour le chauffage.

Coefficients d'émissions – Le coefficient d'émissions représente les variations des sources de combustibles et de la teneur en énergie dérivée de combustibles observées au fil du temps.

Figure 2–14 **Degrés-jours de chauffage (DJCh) et émissions de GES des catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel (de 1990 à 2024)**



2.3.1.2. Transports (émissions de GES en 2024 : 189 Mt)

Le secteur des Transports est vaste et diversifié, de sorte que ses émissions de GES ont atteint 189 Mt, ce qui représente 28 % des émissions découlant du secteur de l'Énergie au Canada en 2024. Les émissions provenant des Transports comprennent les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles dans cinq catégories : Transport routier, Transport aérien, Transport maritime, Transport ferroviaire, et Autres moyens de transport (hors route et pipelines) (Tableau 2–6). De 1990 à 2024, les émissions des Transports ont augmenté de 30 % (44 Mt), ce qui représente une portion importante de la croissance des émissions du Canada. Entre 2019 et 2020, elles ont diminué de 15 % (32 Mt), la première diminution notable d'une année à l'autre à survenir depuis 2008–2009, où la diminution d'une année à l'autre avait été de 2,6 % (5,0 Mt). Entre 2020 et 2024, les émissions des Transports ont augmenté de 7,3 % (13 Mt).

Les émissions des Transports résultent principalement du Transport routier, qui englobe le transport de personnes (véhicules et camions légers à essence) et les véhicules lourds au diesel, représentant 63 % des émissions dans ce secteur en 2024 (Figure 2–15). La catégorie Autres moyens de transport (hors route et pipelines) arrive au deuxième rang, étant responsable de 28 % des émissions des Transports en 2024, principalement en raison de la combustion de diesel dans des applications hors route. La catégorie Transport aérien a été relativement stable pendant la série chronologique en question jusqu'en 2020, où elle a présenté une diminution de 45 % (3,8 Mt) des émissions par rapport aux niveaux de 2019. Entre 2020 et 2024, ses émissions ont augmenté de 70 % (3,3 Mt). Ensemble, les catégories Transport maritime et Transport ferroviaire ont produit environ 4,9 % des émissions des Transports en 2024 et, dans l'ensemble, leurs émissions sont demeurées stables au fil de la série chronologique de 1990 à 2024.

Figure 2–15 **Tendances des émissions canadiennes de GES attribuables aux Transports (de 1990 à 2024)**

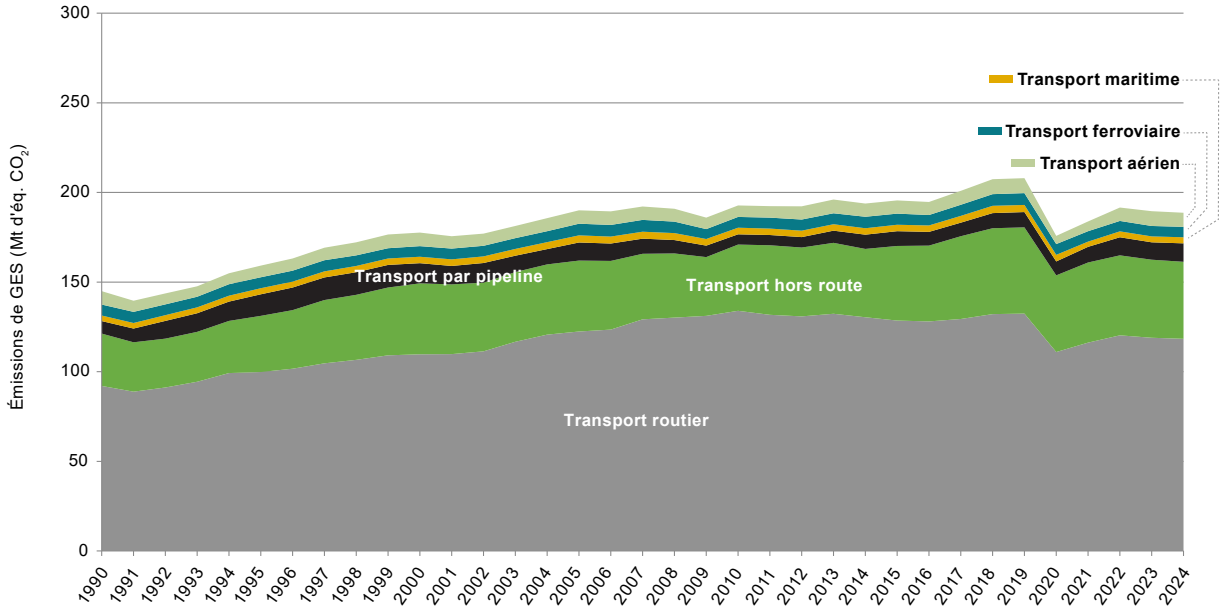


Tableau 2–6 **Émissions de GES des Transports, certaines années**

Catégorie des TCD		Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
		1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
TRANSPORTS		**145**	**190**	**208**	**176**	**184**	**192**	**190**	**189**	**30 %**	**-0,7 %**
Transport aérien		**7,5**	**7,7**	**8,6**	**4,7**	**5,6**	**7,7**	**8,4**	**8,1**	**7,5 %**	**4,6 %**
1.A.3.a	Transport aérien intérieur (civil)	7,3	7,5	8,3	4,6	5,4	7,5	8,2	7,9	7,9 %	5,3 %
1.A.5.b	Militaire	0,23	0,26	0,24	0,18	0,20	0,20	0,20	0,22	-6,2 %	-16 %
Transport routier		**92**	**122**	**132**	**111**	**116**	**120**	**119**	**118**	**29 %**	**-3,3 %**
1.A.3.b.i	Véhicules légers à essence	44	41	31	24	25	25	25	24	-47 %	-42 %
1.A.3.b.ii	Camions légers à essence	25	41	56	47	49	51	52	53	117 %	30 %
1.A.3.b.iii	Véhicules lourds à essence	4,8	4,6	4,6	4,2	4,2	3,9	4,0	4,1	-15 %	-12 %
1.A.3.b.iv	Motocyclettes	0,20	0,46	0,96	0,75	0,80	0,75	0,76	0,78	282 %	70 %
1.A.3.b.i	Véhicules légers à moteur diesel	0,37	0,66	0,43	0,31	0,33	0,36	0,31	0,29	-20 %	-56 %
1.A.3.b.ii	Camions légers à moteur diesel	1,0	0,75	0,80	0,64	0,77	0,98	0,91	0,87	-12 %	17 %
1.A.3.b.iii	Véhicules lourds à moteur diesel	16	34	39	33	36	38	36	35	118 %	2,6 %
1.A.3.b.v	Véhicules au propane ou au gaz naturel	0,76	0,02	0,14	0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	-79 %	583 %
1.A.3.c	Transport ferroviaire	6,1	6,5	6,5	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8	-4,2 %	-10 %
Transport maritime		**3,1**	**4,0**	**4,0**	**3,8**	**2,9**	**3,3**	**3,3**	**3,4**	**10 %**	**-14 %**
1.A.3.d	Transport maritime intérieur	2,2	3,1	3,8	3,5	2,8	3,2	3,2	3,3	50 %	7,9 %
1.A.4.c.iii	Pêches	0,87	0,87	0,20	0,20	0,13	0,12	0,11	0,10	-88 %	-88 %
1.A.5.b	Transport maritime militaire	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	-48 %	-45 %
Autres moyens de transport		**36**	**50**	**57**	**50**	**53**	**55**	**53**	**53**	**47 %**	**7,2 %**
1.A.4.c.ii	Véhicules hors route : Agriculture et foresterie	8,7	10	14	12	13	13	12	12	37 %	20 %
1.A.4.a.ii	Véhicules hors route : Commercial et institutionnel	4,3	4,5	5,9	5,3	5,8	5,9	5,9	6,0	40 %	33 %
1.A.2.g.vii	Véhicules hors route : Fabrication, mines et construction	12	16	20	17	18	18	17	18	41 %	8,1 %
1.A.4.b.ii	Véhicules hors route : Résidentiel	0,37	1,2	1,0	1,0	0,91	0,84	0,83	0,76	105 %	-38 %
1.A.3.e.ii	Véhicules hors route : Autres	3,5	7,7	7,5	6,9	7,1	7,0	6,9	6,8	95 %	-12 %
1.A.3.e.i	Transport par pipeline	6,9	10	8,5	7,8	8,7	10	9,7	10	49 %	1,8 %

Transport routier (émissions de GES en 2024 : 118 Mt)

Les émissions du Transport routier sont influencées par plusieurs facteurs, notamment les véhicules-kilomètres parcourus (VKP), le type de véhicule, le rendement énergétique, le type de carburant, les technologies antipollution et la consommation de biocarburants.

La tendance à la hausse des émissions du Transport routier depuis 1990 s'explique en grande partie par la circulation accrue de véhicules, mesurée en VKP, qui représente le résultat net des changements des taux d'accumulation au kilomètre (TAK) annuels des véhicules et de la taille du parc automobile. En 2020, le total de VKP a diminué de 17 % par rapport aux niveaux de 2019, diminution attribuable à une réduction des TAK. En 2024, le total des VKP est de 15 % supérieur aux niveaux de 2020, mais de 4,5 % inférieur aux niveaux de 2019.

Le parc total de véhicules a crû de 61 % depuis 1990 (de 35 % depuis 2005), et de façon très marquée dans les camions légers, qui ont augmenté de façon constante tout au long de la série chronologique de 1990 à 2024 (Tableau 2–7). Le parc de véhicules lourds a augmenté constamment pendant la plupart de la série chronologique, mais s'est stabilisé dans les dernières années. Le parc de véhicules légers est demeuré relativement stable pendant une grande partie de la série chronologique, mais a diminué de façon notable ces dernières années.

Malgré la diminution du nombre total de VKP par rapport aux niveaux de 2019, l'augmentation constante de l'ensemble du parc a entraîné une augmentation des VKP totaux respective de 76 % et de 24 % en 2024 par rapport aux totaux de 1990 et de 2005. Bien qu'aucune émission n'ait été déclarée pour les véhicules électriques dans le secteur des Transports, le parc a augmenté de façon exponentielle ces dernières années. En 2024, il comptait environ 491 000 véhicules entièrement électriques, une hausse de 50 % depuis 2023 (Statistique Canada, s.d. [f]).

Tableau 2–7 **Tendances du parc de véhicules au Canada, certaines années**

Année	Nombre de véhicules (milliers)			
	Véhicules légers		Véhicules lourds	Tous les véhicules
	Automobiles	Camions		
1990	10 860	4 062	1 085	16 284
2005	10 509	6 925	1 637	19 514
2019	10 031	12 640	1 937	25 357
2020	9 843	13 114	1 943	25 652
2021	9 888	13 412	1 976	26 095
2022	9 387	13 406	1 932	25 535
2023	9 017	13 605	1 948	25 384
2024	8 994	14 439	2 007	26 298
Variation depuis 1990	-17 %	255 %	85 %	61 %
Variation depuis 2005	-14 %	109 %	23 %	35 %

Notes :
Les camions légers comprennent la plupart des camionnettes, des minifourgonnettes et des véhicules utilitaires sport.
La colonne « Tous les véhicules » comprend aussi les motocyclettes et les véhicules alimentés au gaz naturel et au propane.
Le parc de véhicules ne comprend pas les véhicules électriques.

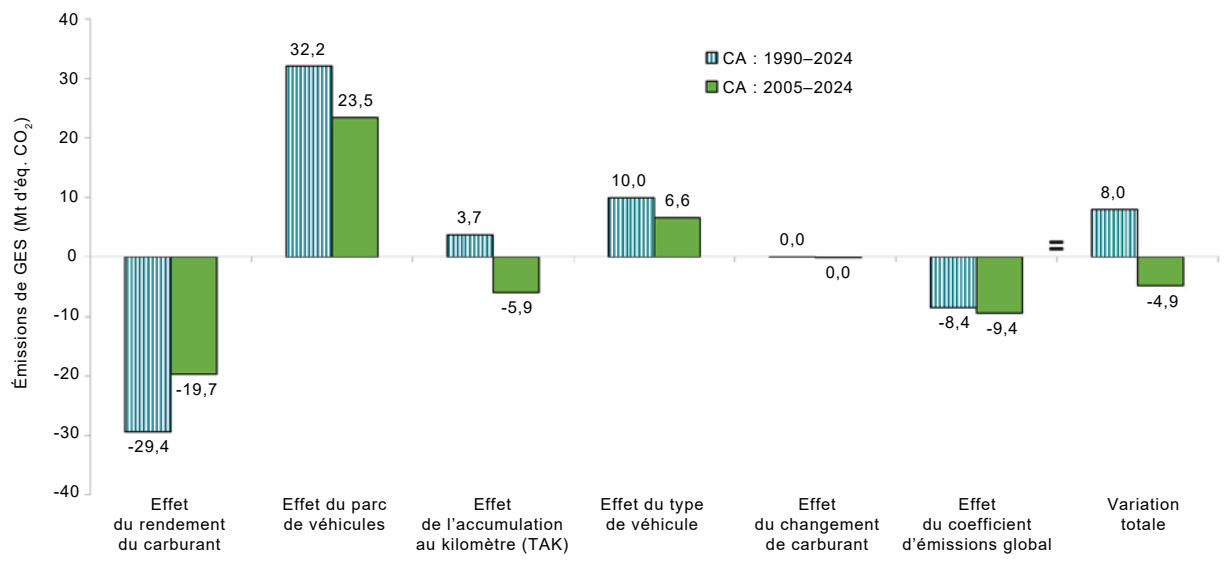
Véhicules légers à essence (émissions de GES en 2024 : 24 Mt)

Depuis 1990, les émissions des Véhicules légers à essence (automobiles) sont en diminution constante. En 2024, elles étaient inférieures de 47 % (21 Mt) à celles de 1990 et de 42 % (17 Mt) à celles de 2005. Cette diminution est largement attribuable à un meilleur rendement énergétique moyen du parc et à une réduction des taux de conduite annuels moyens et des ventes d'automobiles. Lorsque des véhicules de la nouvelle année modèle remplacent des véhicules plus anciens et moins efficaces, le rendement énergétique de l'ensemble du parc augmente. Cependant, la réduction des ventes d'automobiles est contrebalancée par une augmentation des ventes de camions légers, qui émettent considérablement plus de GES par kilomètre. L'intégration de technologies de contrôle des émissions et un recours accru aux biocarburants ont aussi contribué à réduire les émissions (Figure 2–16).

Camions légers à essence (émissions de GES en 2024 : 53 Mt)

Depuis 1990, les émissions des Camions légers à essence, qui regroupent les véhicules utilitaires sport (VUS), de nombreuses camionnettes et toutes les fourgonnettes, ont augmenté de façon constante, les estimations pour 2024 étant de 117 % (29 Mt) supérieures à celles de 1990 et de 30 % (12 Mt) supérieures à celles de 2005. Cette augmentation est largement attribuable à une hausse des ventes de camions légers, atténuée quelque peu par une amélioration du rendement énergétique moyen du parc, l'intégration de technologies de contrôle des émissions et un recours accru aux biocarburants (Figure 2–16). Depuis 2005, les émissions des Camions légers à essence ont été les principaux contributeurs aux émissions totales de transport, représentant respectivement 22 % et 28 % de ce total pour 2005 et 2024.

Figure 2–16 **Facteurs contribuant à la variation des émissions des véhicules légers, de 1990 à 2024 et de 2005 à 2024**



Notes :

Les économies de carburant, le rendement du carburant et le taux de consommation de carburant sont des données qui décrivent l'efficacité avec laquelle un véhicule peut transformer le carburant en énergie. Ces données sont généralement exprimées sous forme de volume de carburant nécessaire pour qu'un véhicule parcoure une distance prescrite (litres/100 km) ou sous forme de distance parcourue par un véhicule avec une quantité prescrite de carburant (milles au gallon — mpg).

Le taux d'accumulation au kilomètre (TAK) est la distance moyenne parcourue par un seul véhicule d'une classe donnée qui est généralement mesurée pendant une année, alors que les véhicules-kilomètres parcourus (VKP) sont la distance totale parcourue par tous les véhicules d'une classe donnée (multiplication du TAK par le nombre de véhicules dans une classe donnée) pendant la même période.

Variation totale – la variation totale est la différence entre les émissions totales au cours des périodes choisies, soit 1990-2024 et 2005-2024.

Effet du rendement du carburant – l'effet du rendement du carburant représente la variation des émissions attribuable au changement des taux de consommation de carburant (exprimés en litres/100 km).

Effet du parc de véhicules – l'effet du parc de véhicules désigne la variation des émissions attribuable au changement du nombre total de véhicules légers alimentés par des combustibles fossiles sur les routes canadiennes.

Effet de l'accumulation au kilomètre (TAK) – l'effet de l'accumulation du nombre de kilomètres désigne la variation des émissions attribuables aux taux moyens annuels de conduite.

Effet du type de véhicule – l'effet du type de véhicule désigne la variation des émissions attribuable au changement du type de véhicule (p. ex., automobiles et camions).

Effet du changement de carburant – l'effet du changement de carburant représente la variation des émissions attribuable au changement du type de carburant utilisé (p. ex., moteur à essence par opposition à moteur diesel).

Effet du coefficient d'émissions global – l'effet du coefficient d'émissions global représente la variation des émissions attribuable à l'amélioration des technologies antipollution sur les émissions de CH_4 et de N_2O ainsi qu'à l'utilisation de biocombustibles.

Véhicules lourds à moteur diesel (émissions de GES en 2024 : 35 Mt)

De 1990 à 2011, les émissions des Véhicules lourds à moteur diesel ont augmenté de façon constante pour atteindre un sommet de 46 Mt en 2011. Depuis, elles présentent une tendance à la baisse, principalement attribuable à une diminution des taux de conduite annuels moyens et d'une croissance atténuée du parc de véhicules lourds. En 2024, les émissions provenant de ces véhicules étaient estimées à environ 35 Mt, une augmentation de 118 % (19 Mt) par rapport à 1990 et de 2,6 % (0,9 Mt) par rapport à 2005. Cette augmentation est en grande partie due à l'expansion du parc de véhicules lourds, particulièrement des véhicules ayant un poids nominal brut inférieur à 4 536 kilogrammes. Cependant, l'augmentation du rendement énergétique moyen du parc et la diminution des taux de conduite annuels moyens ont grandement atténué la croissance des émissions.

Autres moyens de transport : Véhicules hors route (émissions de GES en 2024 : 43 Mt)

Les émissions hors route résultent surtout de la combustion de diesel et d'essence dans une grande variété d'applications, notamment par la machinerie lourde mobile employée dans les industries de la construction, des mines et de l'exploitation forestière; les tracteurs agricoles et moissonneuses-batteuses; les véhicules récréatifs tels que motoneiges et véhicules tout-terrain; l'équipement résidentiel comme les tondeuses et les taille-haies. En 2024, les émissions des sous-catégories Véhicules hors routes : Fabrication, mines et construction ainsi que Véhicules hors route : Agriculture et foresterie représentaient 41 % et 28 % des émissions hors route, respectivement. Les émissions nettes de l'ensemble des sous-catégories hors route ont augmenté de 47 % (14 Mt) depuis 1990 et de 8,6 % (3,4 Mt) depuis 2005. Cette augmentation est largement attribuable à l'augmentation de la puissance moyenne des moteurs du parc et de l'utilisation totale de l'équipement.

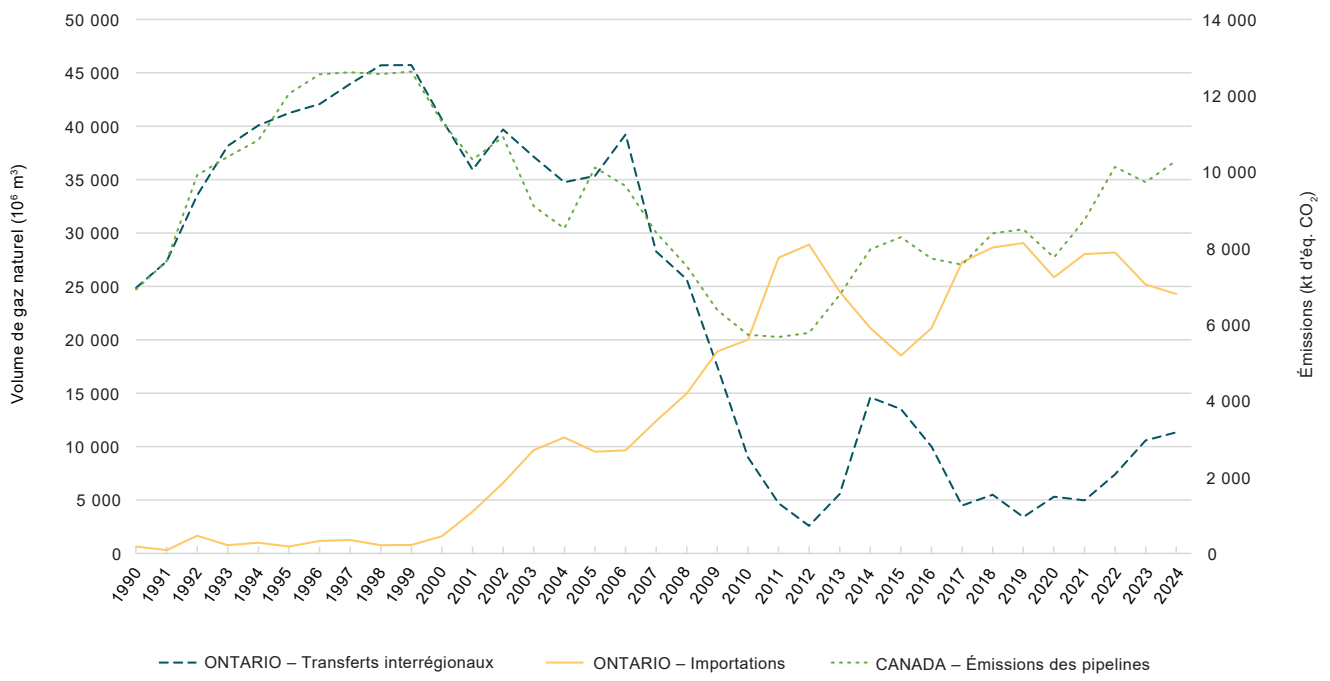
Autres moyens de transport : Transport par pipeline (émissions de GES en 2024 : 10 Mt)

Les émissions liées au Transport par pipeline sont imputables à la combustion de gaz naturel dans les stations de compression servant au transport du gaz naturel. En 2024, plus de 99 % de la production de gaz naturel commercialisable était effectuée dans l'Ouest du Canada : en Alberta (62 %), en Colombie-Britannique (36 %) et en Saskatchewan (1,6 %). Bien que ces provinces représentent environ 63 % de la consommation de gaz naturel commercialisable au Canada, l'Ontario, la province la plus peuplée, représente environ 26 % de la consommation de gaz naturel, mais n'en produit que 0,03 % (Statistique Canada, s.d. [c]). La demande en gaz naturel en Ontario de même que son éloignement géographique des régions productrices nécessitent un transport à grande distance à l'aide de pipelines. Par conséquent, la source du gaz naturel consommé en Ontario a des répercussions importantes sur les émissions liées aux pipelines.

Par le passé, les transferts interrégionaux de grandes quantités de gaz naturel produit dans l'Ouest vers l'Est du Canada, en particulier en Ontario, ont été le facteur déterminant des émissions liées aux pipelines. Le volume de gaz acheminé de l'Ouest vers l'Est du pays a diminué à compter du début des années 2000, parce que le gaz naturel de l'Ouest a été remplacé par l'importation des États-Unis (Statistique Canada, s.d. [c]) et que l'industrie des sables bitumineux de l'Alberta consommait davantage de gaz naturel. En général, à mesure que les importations en Ontario augmentent, les transferts interrégionaux du gaz de l'Ouest du Canada diminuent, ce qui se traduit par une diminution des émissions liées à la combustion attribuable aux pipelines (Figure 2–17).

La hausse des émissions de 2023 à 2024 reflète une hausse de 6 % de la consommation de gaz naturel, elle-même résultant d'une hausse de 8 % des volumes de gaz naturel transportés de l'Alberta vers d'autres provinces et de 7 % des exportations vers les États-Unis.

Figure 2–17 **Liens entre les émissions attribuables aux pipelines au Canada, les importations des États-Unis vers l'Ontario et les transferts interrégionaux du gaz naturel de l'Ouest du Canada**

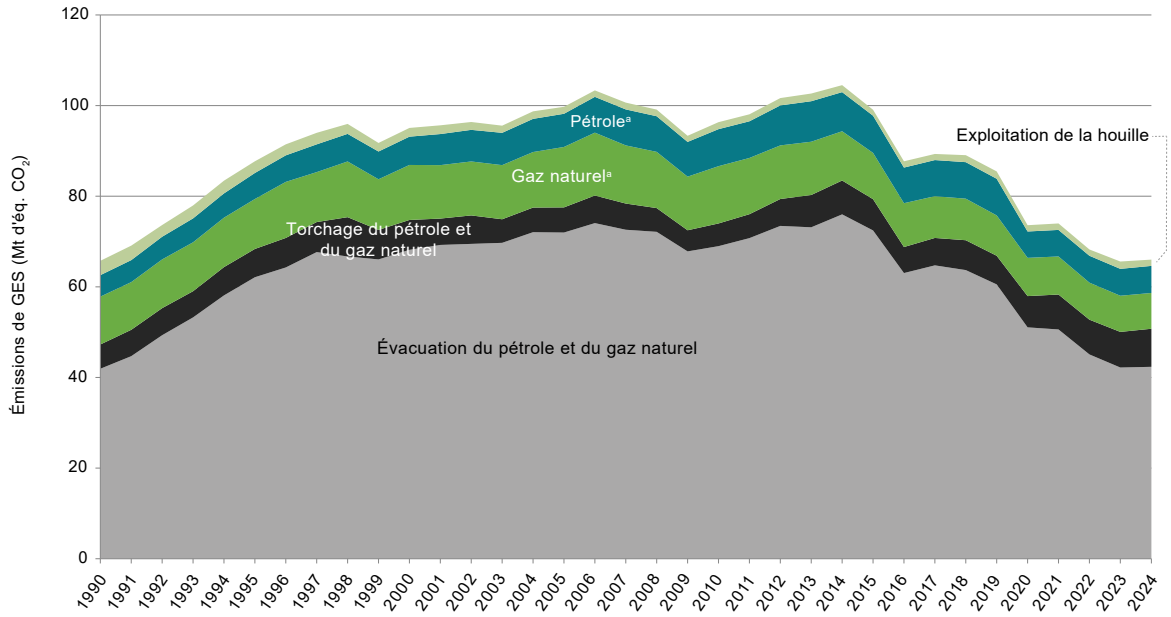


2.3.1.3. Sources fugitives (émissions de GES en 2024 : 66 Mt)

Les émissions fugitives désignent les rejets délibérés ou accidentels de GES attribuables à la production, à la transformation, au transport, à l'entreposage, à la livraison et à l'utilisation de combustibles fossiles. Les gaz d'hydrocarbures rejetés qui sont éliminés par combustion (p. ex., par torchage du gaz naturel dans les installations de production et de traitement du pétrole et du gaz) et les émissions de postproduction, y compris celles provenant de mines de charbon abandonnées et de puits de pétrole et de gaz abandonnés, de même que les émissions fugitives en aval des compteurs provenant des appareils au gaz naturel, sont tous considérés comme des émissions fugitives. Les émissions de Sources fugitives sont divisées en deux catégories : Pétrole et gaz naturel (98 % des émissions fugitives) et Exploitation de la houille (2 %).

Les émissions fugitives ont augmenté de 0,2 Mt (0,4 %) entre 1990 (66 Mt) et 2024 (66 Mt) (Tableau 2–8), mais présentent de nombreuses variations au cours de la série chronologique. Elles ont atteint un sommet en 2014 à 105 Mt (Figure 2–18), une valeur de 59 % supérieure à celle de 1990. Les émissions fugitives du Pétrole et gaz naturel ont augmenté de 40 Mt (65 %) pendant cette période, tandis que les rejets provenant de l'Exploitation de la houille ont diminué de 1,6 Mt (52 %), principalement en raison de la fermeture de mines de charbon dans l'Est du Canada.

Figure 2–18 **Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources fugitives (de 1990 à 2024)**



Note :
a. Ces catégories représentent les émissions fugitives découlant de fuites des systèmes de traitement du pétrole et du gaz.

Tableau 2–8 **Émissions de GES des Sources fugitives, certaines années**

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
SOURCES FUGITIVES[a]	**66**	**100**	**85**	**74**	**74**	**68**	**66**	**66**	**0 %**	**-34 %**
Exploitation de la houille	**3,2**	**1,5**	**1,6**	**1,4**	**1,4**	**1,4**	**1,6**	**1,4**	**-57 %**	**-12 %**
Pétrole et gaz naturel	**63**	**98**	**84**	**72**	**73**	**67**	**64**	**65**	**3,3 %**	**-34 %**
Pétrole[b]	4,7	7,3	8,1	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	26 %	-19 %
Gaz naturel[b]	11	13	8,9	8,5	8,4	8,2	8,0	7,9	-25 %	-41 %
Évacuation	42	72	61	51	51	45	42	42	1,0 %	-41 %
Torchage	5,4	5,6	6,3	6,9	7,7	7,7	7,8	8,4	56 %	51 %

Notes :
a. Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.
b. Ces catégories représentent les émissions fugitives découlant de fuites des systèmes de traitement du pétrole et du gaz naturel.

Bien que la production dans les sables bitumineux représente environ 71 % de la production totale de pétrole en 2024, elle n'a été à l'origine que de 19 % des émissions fugitives totales du secteur pétrolier et gazier. Étant donné que la plupart des émissions fugitives proviennent d'activités classiques de production et de traitement de pétrole et de gaz naturel, l'augmentation de la production de bitume naturel dans les sables bitumineux a peu d'incidence sur les émissions fugitives. Cependant, la production dans les sables bitumineux a une grande incidence sur les émissions dues à la combustion (section 2.3.1.1).

La tendance des émissions fugitives du pétrole et du gaz se divise en trois grandes périodes :

1. 1990–2000 : croissance rapide des émissions
2. 2000–2014 : stabilité relative
3. 2014–2024 : diminution des émissions

Les émissions fugitives du pétrole et du gaz ont augmenté de façon constante de 63 Mt en 1990 à 93 Mt en 2000 (49 %). En outre, plus de 120 000 puits de pétrole et de gaz ont été forés entre 1990 et 2000 (ACPP, s.d. [a]). À mesure de la croissance du nombre d'installations d'extraction et de traitement dans le secteur pétrolier et gazier, le nombre de sources potentielles d'émissions fugitives s'est aussi accru, ce qui a donné lieu à une augmentation des émissions. De 2000 à 2014, le secteur pétrolier et gazier a continué de croître de façon importante, mais les émissions n'ont pas augmenté au même rythme, en raison de l'effet combiné de l'amélioration des programmes d'inspection et d'entretien, des pratiques de l'industrie et des technologies, et des initiatives des organismes provinciaux de réglementation. En 1999, par exemple, la province de l'Alberta a adopté la *Directive 060 : Upstream Petroleum Industry Flaring, Incinerating, and Venting*, une mesure réglementaire qui vise à réduire les émissions de torchage et d'évacuation de son industrie pétrolière exigeant que les exploitants se branchent à des réseaux de collecteurs de gaz dans des conditions précises (AER, 2014). En 2006, la province a ajouté à la Directive 060 des pratiques exemplaires en matière de détection et de réparation des fuites, pour réduire les émissions fugitives dues aux fuites. En 2010, la Colombie-Britannique a adopté la *Flaring and Venting Reduction Guideline* (BCOGC, 2015) et en 2012, la Saskatchewan a adopté la *Directive S-10 : Saskatchewan Upstream Petroleum Industry Associated Gas Conservation Standards*, deux instruments dont les objectifs sont semblables à ceux de la Directive 060 de l'Alberta.

Malgré ces efforts, les émissions fugitives de l'industrie pétrolière et gazière ont augmenté de 9,8 Mt (10 %) entre 2000 et 2014, où elles ont atteint un sommet de 103 Mt. La raison principale est la croissance importante de l'industrie alors que le nombre de puits de pétrole et de gaz en activité a augmenté de plus de 100 % et qu'environ 270 000 nouveaux puits ont été forés. Ces tendances indiquent que si les diverses mesures ont eu un effet positif sur la réduction des émissions, elles n'ont pas suffi à contrer la croissance continue de l'industrie, car les exploitants avaient besoin de plus en plus de puits pour maintenir leur niveau de production. En fait, entre 2000 et 2014, la production moyenne d'un puits de pétrole a diminué d'environ 38 % (ACPP, s.d. [a]; Statistique Canada, s.d.[d], s.d.[e]) et celle d'un puits de gaz a diminué de 62 % dans l'Ouest canadien (ACPP, s.d. [a]; Statistique Canada, s.d.[g], s.d.[h]).

Entre 2014 et 2024, les émissions ont baissé de 38 Mt (37 %), principalement en raison des activités de ventilation moindres, car une plus grande quantité de gaz a été conservée et des mesures supplémentaires ont été adoptées dans le but d'atténuer les fuites accidentelles. Cette tendance était en partie causée par un abandon progressif de la production de pétrole classique en Saskatchewan et en Alberta, y compris la Production à froid de pétrole lourd avec sable, pour des techniques thermiques de production de pétrole lourd sur place comme le DGVM. Le gaz produit à partir des puits thermiques de pétrole lourd est majoritairement conservé et consommé sur place pour compenser les grands besoins énergétiques de ces activités. En comparaison avec 2014, le nombre de puits de pétrole lourd classiques en activité avait diminué de 36 % en 2024, alors que le nombre de puits thermiques de pétrole lourd avait augmenté de 17 %. Il y a également eu une contraction globale dans le secteur, le nombre de puits en activité ayant diminué de 21 % et celui des nouveaux puits forés annuellement ayant diminué de plus de 50 % (ACPP, s.d. [b]).

En plus des directives provinciales existantes, des lois fédérales (ECCC, 2018) et provinciales équivalentes[9] (AB, 2018; BC, 2021; SK, 2020) visant à réduire les émissions de CH_4 issues des activités pétrolières et gazières sont entrées en vigueur le 1er janvier 2020. Depuis l'entrée en vigueur de ces lois, la production de gaz naturel a augmenté de 16 %; bien que le nombre de puits de pétrole et de gaz en activité soit demeuré à peu près constant, le nombre de puits forés a augmenté de 90 %. L'amélioration du respect des règlements fédéraux et provinciaux a probablement compensé l'augmentation prévue de la production qui aurait eu lieu en l'absence de ces lois. Il convient de noter que les exigences relatives à la déclaration des volumes de gaz évacués en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan ont été mises à jour en 2020, entraînant ainsi une incohérence dans la méthodologie qui aurait peut-être artificiellement fait diminuer les émissions durant cette période. Voir l'Annexe 3.2 à la section A3.2.2.1.5 pour plus de détails.

9 Conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE], le *Règlement sur la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont),* DORS/2018-66 (le « Règlement fédéral sur le méthane »), a été publié dans la Partie II de la *Gazette du Canada* (vol. 152, no 1) le 26 avril 2018. Le Règlement fédéral sur le méthane est entré en vigueur le 1er janvier 2020, à l'exception des articles 26, 27 et 37 à 41, qui sont entrés en vigueur le 1er janvier 2023. L'article 10 de la LCPE autorise le ministre de l'Environnement à conclure un accord d'équivalence avec le gouvernement d'une province ou d'un territoire ou avec un gouvernement autochtone si les dispositions de leur règlement sont équivalentes à celles d'un règlement pris en application de la LCPE.

Des accords d'équivalence ont été conclus pour le *Règlement fédéral sur le méthane* avec l'Alberta (ECCC, 2020a), la Colombie-Britannique (ECCC, 2020b) et la Saskatchewan (ECCC, 2020c).

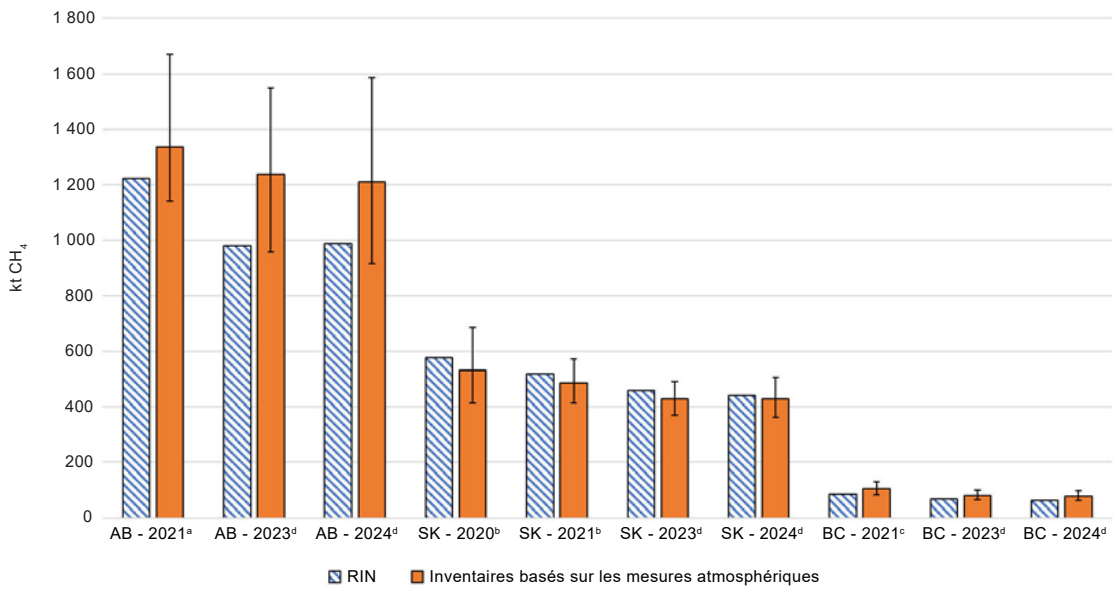
Intégration des estimations descendantes et ascendantes des émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier

Estimer avec précision les émissions fugitives des opérations pétrolières et gazières constitue un défi. Au Canada, l'industrie compte des dizaines de milliers d'installations, des centaines de milliers de puits et des millions de composants ayant le potentiel de produire des émissions. Les méthodes « ascendantes » classiques font appel à des méthodes techniques pour estimer les émissions de chaque source à partir de diverses données, notamment des coefficients d'émission et des populations à l'échelle du composant, de simulations des procédés, de la mesure ou du calcul des volumes de gaz évacués ou torchés et autres pour réaliser un inventaire ascendant.

Au Canada, les études recourant aux mesures atmosphériques pour calculer les estimations descendantes du méthane (CH_4) permettaient en général de faire des estimations à grande échelle, par région ou par installation, mais pas par source d'émissions dans chacune des installations (par ex. Atherton et al., 2017; Johnson et al., 2017; Zavala-Araiza et al., 2018; Chan et al., 2020; MacKay et al., 2021). Les différences entre les résultats des méthodes descendantes et ascendantes sont inévitables en raison des différences entre les méthodologies, les sources de données, le niveau de détail et d'autres facteurs de confusion. Cependant, les avancées récentes dans les techniques de mesure atmosphérique ont permis l'élaboration d'un protocole pour créer des inventaires complets de méthane pétrolier et gazier basés sur des mesures aériennes de source déterminée, avec des incertitudes précises (Johnson et al., 2023). Ce protocole a été utilisé pour estimer les émissions de méthane provenant des opérations pétrolières et gazières en Colombie-Britannique (Johnson et al., 2023), en Alberta (Conrad et al., 2023a) et en Saskatchewan (Conrad et al., 2023b).

Les émissions estimées au niveau des sources provenant de ces inventaires basés sur des mesures aériennes (Johnson et al., 2023; EERL, 2025) en lien avec les torches non allumées, les réservoirs de stockage, les compresseurs, les têtes de puits et les hangars à moteurs ont été intégrées aux émissions dans ce rapport, de sorte que les émissions de méthane attribuables au pétrole et au gaz s'avèrent plus exactes (Chan et al., 2024; MacKay et al., 2024). Se référer à l'Annexe 3.2, section A3.2.2.1.5 pour plus de détails. La Figure 2-A montre les estimations des émissions de méthane provenant du pétrole et du gaz, issues de ce rapport d'inventaire, comparées avec celles des inventaires basés sur des mesures aériennes pour l'Alberta, la Saskatchewan et la Colombie-Britannique. ECCC continuera de collaborer avec des chercheurs pour mieux intégrer les méthodologies d'inventaire ascendantes et les mesures aériennes afin de préciser davantage les émissions et les tendances des inventaires dans les futures éditions de ce rapport.

Figure 2–A **Comparaison des inventaires de méthane basés sur les mesures aériennes avec les estimations de l'inventaire national**



Notes :

a. Conrad et al., 2023a. Sujet à révision sur la base des leçons tirées des campagnes de mesure de 2023, 2024 et des années suivantes.
b. Conrad et al., 2023b. Estimations des émissions mises à jour par l'EERL (2025) pour tenir compte des strates révisées, des strates auparavant non échantilonnonées et des données météorologiques améliorées.
c. Johnson et al., 2023. Estimations des émissions mises à jour par l'EERL (2025) pour tenir compte de la révision du nombre de compresseurs, des strates et des données météorologiques améliorées.
d. EERL, 2025.

2.3.1.4. Tendances en matière de Transport et stockage du CO_2 (émissions de GES en 2024 : 0,65 kt)

La majorité des activités de transport, de captage et de stockage du CO_2 au Canada depuis l'an 2000 ont été associées aux opérations de récupération assistée des hydrocarbures (RAH) à Weyburn et Midale, en Saskatchewan, qui utilise du CO_2 capté importé des États-Unis. De plus, en 2014, les exploitations de Weyburn ont commencé à recevoir la majeure partie du CO_2 capté à la centrale thermique au charbon de Boundary Dam, en Saskatchewan, la quantité restante étant transportée vers le projet Aquistore et son complexe de stockage des sables du Cambrien basal à des fins d'injection directe dans un lieu de stockage à long terme.

En 2016, en Alberta, le captage du CO_2 s'est amorcé aux fins de stockage à long terme sur un site géologique. Dans le cadre du projet Quest de Shell, du CO_2 est capté à l'installation de valorisation de Scotford de Shell et est transporté 65 km plus au nord vers un site de stockage à long terme. Depuis 2020, le circuit principal de CO_2 de l'Alberta reçoit les émissions de CO_2 captées par l'installation productrice d'engrais Nutrien et la raffinerie Sturgeon afin de l'utiliser dans la RAH près de Clive, en Alberta.

En 2024, une quantité totale de 4,32 Mt de CO_2 capté se prêtait au stockage à long terme et aux activités de RAH, dont 3,45 Mt captées au pays et 870 kt importées (Chapitre 3, Tableau 3–15). Les volumes de CO_2 capté au pays a augmenté de plus de 2 900 % depuis 2014 (3,34 Mt) et le stockage à long terme cumulatif de CO_2 capté, d'environ 2 600 % depuis 2015, pour monter à 10 Mt à la fin de 2024.

Des précisions sur les volumes de CO_2 captés conformément à l'origine de ces derniers (une raffinerie, une installation de valorisation et une usine de production d'énergie chauffées au charbon), et ces volumes sont soustraits des émissions déclarées dans les secteurs Production de pétrole et de gaz en amont, Raffinage du pétrole, et Production d'électricité et de chaleur du secteur public en Saskatchewan sont présentés dans le tableau de la relation entre les émissions de GES par secteur économique canadien et par secteur du GIEC dans le dossier Secteur économique sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada.

Les émissions provenant des systèmes de transport de CO_2 au Canada se trouvent sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada dans le dossier Secteur du GIEC. En 2024, les émissions fugitives de CO_2 issues des pipelines comptaient pour environ 0,6 kt des émissions et les sites d'injection de CO_2, pour 0,04 kt (voir le Tableau 3–14 dans le Chapitre 3).

2.3.2. Procédés industriels et utilisation des produits (émissions de GES de 2024 : 53 Mt)

Les émissions du secteur PIUP comprennent les émissions de GES provenant des procédés manufacturiers et de l'utilisation de produits. Le secteur chapeaute les sous-secteurs suivants : Produits minéraux, Industries chimiques, Production de métaux, Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant et Fabrication et utilisation d'autres produits. Les émissions du secteur PIUP représentaient 53 Mt (7,8 %) des émissions du Canada de 2024, contre 56 Mt (9,2 %) en 1990 et 57 Mt (7,4 %) en 2005. Les émissions totales du secteur PIUP ont diminué d'environ 2,5 Mt (4,4 %) depuis 1990 et de 3,5 Mt (6,2 %) depuis 2005. Les émissions totales de ce secteur sont issues des activités de plusieurs industries différentes; les tendances des émissions illustrent les effets combinés de nombreux facteurs sur diverses industries (Figure 2–19).

En 2024, les émissions ayant le plus contribué aux émissions du secteur provenaient de la Production de métaux (16 Mt), suivie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (12 Mt) et la Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3 (principalement des HFC) (10 Mt) (Tableau 2–9).

Figure 2–19 **Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources des Procédés industriels et utilisation des produits (de 1990 à 2024)**

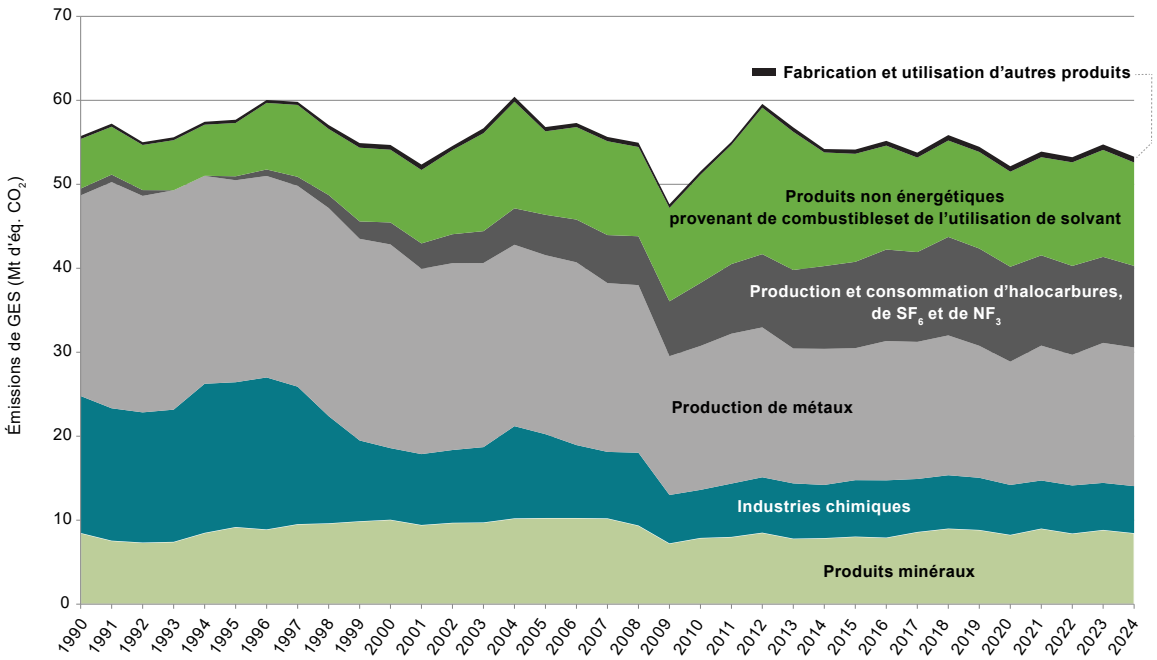


Tableau 2–9 **Émissions de GES des catégories des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années**

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
TOTAL - PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS	**56**	**57**	**54**	**52**	**54**	**53**	**55**	**53**	**-4,4 %**	**-6,2 %**
Produits minéraux	**8,5**	**10**	**8,9**	**8,3**	**9,0**	**8,4**	**8,9**	**8,5**	**-0,2 %**	**-18 %**
Production de ciment	5,8	7,6	7,2	6,8	7,4	6,8	7,3	6,9	18 %	-9,4 %
Production de chaux	1,9	1,8	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	-31 %	-30 %
Utilisation de produits minéraux	0,80	0,83	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,29	-63 %	-64 %
Industrie chimique	**16**	**10**	**6,2**	**5,9**	**5,7**	**5,7**	**5,6**	**5,6**	**-66 %**	**-44 %**
Production d'ammoniac	2,7	2,7	2,5	2,3	2,5	2,6	2,4	2,3	-16 %	-15 %
Production d'acide nitrique	0,87	1,1	0,23	0,17	0,19	0,13	0,13	0,13	-85 %	-88 %
Production d'acide adipique	9,2	2,3	-	-	-	-	-	-	-100 %	-100 %
Production pétrochimique et de noir de carbone	3,5	3,9	3,5	3,5	3,0	3,0	3,1	3,2	-10 %	-19 %
Production de métaux	**24**	**21**	**16**	**15**	**16**	**16**	**17**	**16**	**-31 %**	**-23 %**
Production sidérurgique	11	12	10	8,7	10	9,6	10	10	-8,2 %	-12 %
Production d'aluminium	9,6	8,3	5,2	5,8	5,8	5,7	6,1	6,0	-38 %	-28 %
Production de magnésium et d'autres métaux	3,2	1,4	0,29	0,18	0,24	0,34	0,50	0,30	-91 %	-79 %
Production et et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3	**0,82**	**4,8**	**12**	**11**	**11**	**11**	**10**	**9,7**	**1089 %**	**102 %**
Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant	**5,9**	**9,9**	**11**	**11**	**12**	**12**	**13**	**12**	**109 %**	**24 %**
Fabrication et utilisation d'autres produits	**0,36**	**0,51**	**0,62**	**0,66**	**0,66**	**0,61**	**0,65**	**0,68**	**89 %**	**35 %**

Notes :
Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.
- Indique qu'il n'y a aucune émission.

2.3.2.1. Produits minéraux (émissions de GES en 2024 : 8,5 Mt)

La Production de ciment domine ce sous-secteur, représentant 81 % des émissions des Produits minéraux en 2024. Les fluctuations interannuelles au fil des années découlent en grande partie des variations dans la production de clinker, en particulier aux environs de 2009, avec une certaine récupération graduelle en raison de l'ouverture d'une nouvelle installation au Québec en 2017.

En 2024, les émissions issues des Produits minéraux sont revenues à leurs niveaux de 1990; la hausse des émissions de 1,1 Mt (18 %) de la Production de ciment était compensée par la baisse dans deux catégories de sources, soit 0,58 Mt (31 %) pour la Production de chaux et 0,51 Mt (63 %) pour l'Utilisation de produits minéraux.

Entre 2005 et 2024, les émissions de ce sous-secteur ont diminué de 1,8 Mt (18 %), principalement en raison de la production réduire de clinker et de chaux.

2.3.2.2. Industries chimiques (émissions de GES en 2024 : 5,6 Mt)

De 1990 à 2024, les émissions des Industries chimiques dans leur ensemble ont diminué de 11 Mt (66 %), dont 4,4 Mt depuis 2005. L'abandon de la production d'acide adipique en 2009 au Canada a été le principal facteur déterminant de la réduction des émissions dans cette industrie; à lui seul, ce facteur représente une baisse de 9,3 Mt depuis 1990 et de 2,3 Mt depuis 2005[10].

Les émissions découlant de la production d'acide nitrique ont légèrement augmenté entre 1990 et 2005, pour ensuite décliner après qu'une usine a mis en place des moyens de réduire ses émissions de N_2O. Ces moyens sont majoritairement responsables d'une baisse de 0,94 Mt (88 %) dans ce sous-secteur depuis 2005.

Parmi les autres changements figurent une diminution de 0,35 Mt depuis 1990 (0,76 Mt depuis 2005) dans la Production pétrochimique et de noir de carbone due à des fermetures d'installation et à des changements de matières premières dans la production d'éthylène, et une petite réduction de 0,45 Mt depuis 1990 (0,41 Mt depuis 2005) dans la Production d'ammoniac, qui est surtout attribuable aux activités de captage et de stockage du carbone (CSC) menées pour la RAH.

2.3.2.3. Production de métaux (émissions de GES en 2024 : 16 Mt)

Les baisses d'émissions dans la production de magnésium, la production d'aluminium et la production sidérurgique sont les principales responsables de la réduction globale de la Production de métaux de 7,4 Mt (31 %) entre 1990 et 2024, dont 4,8 Mt (23 %) depuis 2005.

L'industrie de l'aluminium a abaissé de 6,3 Mt (92 %) ses émissions de PFC depuis 1990 et de 2,9 Mt (85 %) depuis 2005, en bonne partie grâce à des améliorations technologiques.

L'industrie de la production de magnésium et d'autres métaux ont également affiché une baisse des émissions de 2,9 Mt (91 %) depuis 1990 et de 1,1 Mt (79 %) depuis 2005, grâce au remplacement du SF_6 par d'autres gaz de couverture et à la fermeture d'usines au fil des ans. La production primaire de magnésium au Canada a cessé en 2008.

L'industrie sidérurgique a vu ses émissions baisser de 1,3 Mt (12 %) de 2005 à 2024. La fermeture en 2013 d'une installation produisant des boulettes de minerai de fer et l'abandon des processus de production sidérurgique d'une usine intégrée étaient principalement responsables de cette baisse des émissions. Depuis 1990, les émissions ont baissé de 0,91 Mt (8,2 %).

2.3.2.4. Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3 (émissions de GES en 2024 : 10 Mt)

Le Canada n'a jamais produit d'HFC, de PFC, de SF_6, ni de NF_3. L'HFC-23 était fabriqué comme un sous-produit dans la production d'HCFC-22, laquelle s'est arrêtée en 1992. Depuis, toutes les émissions de ce sous-secteur sont associées uniquement à la consommation d'HFC, de PFC, de SF_6 et de NF_3.

La consommation d'HFC a commencé en 1995. Les émissions de ce gaz ont augmenté de 4,9 Mt (101 %) entre 2005 et 2024, car il a remplacé les SAO, surtout en réfrigération, en climatisation et dans les agents d'expansion de la mousse. Elles ont atteint un sommet de 12 Mt en 2018 pour diminuer de 2,0 Mt (17 %) et atteindre 9,7 Mt en 2024, en partie à cause d'une réduction des importations en vrac, ce qui coïncide avec la mise en place du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement.* De 2019 à 2023, ce règlement fédéral a limité les importations nettes nationales de HFC (exprimées en masse d'équivalents CO_2) à 90 % d'un niveau de référence de la consommation défini selon les données de 2011 à 2013. En 2024, les importations nettes d'HFC ont été restreintes à 60 % de ce niveau (Gouvernement du Canada, 2020).

Les autres sources d'émissions (PFC, SF_6 et NF_3) de ce sous-secteur n'ont pas d'effet notable sur les tendances des émissions, car la deuxième source d'émissions en importance (SF_6) représente moins de 1 % de la valeur des émissions d'HFC.

10 Hendriks, J. 2013. Communication personnelle (courriel de Hendriks J., Invista à la DIRP, Environnement Canada, daté du 22 novembre 2013).

2.3.2.5. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (émissions de GES en 2024 : 12 Mt)

Les Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant sont l'une des plus grandes sources d'émissions du secteur PIUP. Ses émissions ont augmenté de 6,4 Mt (109 %) depuis 1990 et de 2,3 Mt (24 %) depuis 2005. La variation observée est surtout attribuable aux émissions de l'utilisation de butane, des cires, de paraffines et de produits non finis comme matières premières, qui ont respectivement crû de 2,1 Mt (913 %) et 3,6 Mt (703 %) depuis 1990.

2.3.3. Secteur de l'Agriculture (émissions de GES en 2024 : 56 Mt)

En 2024, les émissions du secteur de l'Agriculture représentaient 56 Mt, ou 8,2 % des émissions totales de GES du Canada, ce qui représente 0,3 Mt de moins qu'en 2005, mais 14 Mt ou 32 % de plus que 1990 (Figure 2–20 et Tableau 2–10). En 2024, ce secteur a produit 30 % des émissions nationales de CH_4 et 76 % des émissions nationales de N_2O, en hausse par rapport à respectivement 26 % et 44 % en 1990.

En règle générale, les émissions agricoles résultent de pertes et d'inefficiences dans les processus de production, qu'il s'agisse de pertes d'énergie nutritive durant la digestion animale ou de déperdition d'azote nutritif dans l'atmosphère ou les eaux de surface. Toutes les émissions déclarées dans le secteur de l'Agriculture proviennent de sources non énergétiques. Les émissions provenant d'énergie utilisée durant le processus de production agricole, ainsi que les émissions énergétiques et fugitives survenant durant la production d'engrais azotés et d'autres produits chimiques agricoles, sont abordées au Chapitre 3 (Énergie) et au Chapitre 4 (Procédés industriels et utilisation des produits) du présent rapport.

Les principaux secteurs économiques du secteur canadien de l'agriculture sont la production de bétail et les productions végétales. Les émissions de GES imputables au secteur du bétail incluent les émissions de CH_4 de la fermentation entérique et les émissions de CH_4 et de N_2O du stockage et de l'épandage de fumier. Le secteur des productions végétales comprend les émissions de N_2O provenant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, de la décomposition des résidus de culture, de l'épandage de fumier et de biosolides comme engrais et des pratiques de gestion des cultures; les émissions de CH_4 et de N_2O provenant de l'incinération des résidus agricoles; et les émissions de CO_2 imputables à l'utilisation de chaux sur les sols agricoles et à l'application d'engrais azotés à base d'urée. Au Canada, le secteur de la production de bétail est dominé par la production de bovins de boucherie, de bovins laitiers, de volaille et de porcs, tandis que le secteur des productions végétales est principalement voué à la production de céréales et d'oléagineux.

Les principaux facteurs à l'origine de la tendance des émissions dans le secteur de l'Agriculture sont les fluctuations dans le cheptel et une hausse constante de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, surtout dans les provinces des Prairies. En 2024, le cheptel de bovins, de porcs et de volailles au Canada a respectivement crû de 42 %, de 37 % et de 48 % par rapport à 1990. Depuis 2005, le cheptel de bovins au pâturage a diminué par rapport à la production de cultures annuelles, et cette diminution, accompagnée d'une augmentation continue dans l'utilisation d'engrais, modifie de façon importante le profil des émissions et fait baisser les émissions issues des animaux d'élevage, qui représentent 65 % du total des émissions agricoles en 2024, proportion sensiblement inférieure à celle de 2005 (81 %) (Figure 2–21). En raison de ce changement, les contributions proportionnelles de N_2O (provenant principalement de la production de cultures) aux émissions agricoles totales ont augmenté de façon constante depuis 2005, hausse compensée par une baisse du CH_4 (provenant de l'élevage). En 2024, les émissions sont légèrement inférieures à celles de 2005, bien que la contribution des émissions provenant de la production agricole ait augmenté par rapport à celle de la production d'animaux d'élevage. Le passage de la production de bovins au pâturage à la production végétale se traduit également par une diminution de la séquestration du carbone par les sols agricoles observée dans la conversion des cultures pérennes en cultures annuelles qui est déclarée dans le secteur ATCATF (Liang et al., 2020).

Figure 2–20 **Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources de l'Agriculture (de 1990 à 2024)**

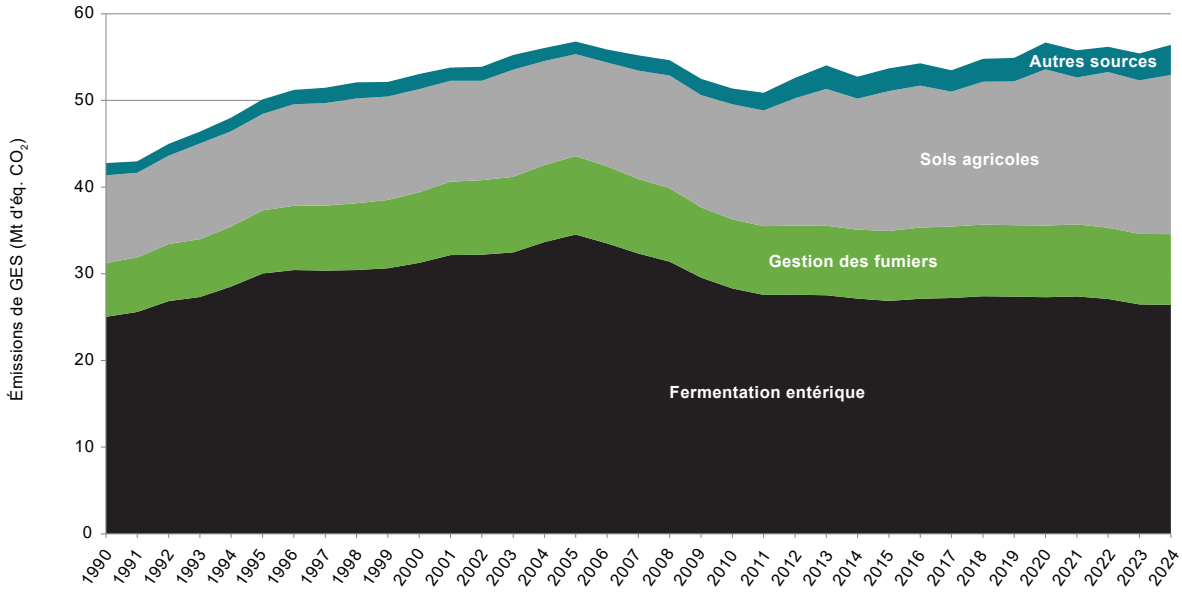


Tableau 2–10 **Émissions de GES de l'Agriculture, certaines années**

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
AGRICULTURE[a]	**43**	**57**	**55**	**57**	**56**	**56**	**55**	**56**	**32 %**	**-0,7 %**
Par catégorie du GIEC										
Fermentation entérique	25	35	27	27	27	27	26	26	5,4 %	-24 %
Gestion des fumiers	6,2	9,0	8,3	8,3	8,3	8,2	8,1	8,2	32 %	-10 %
Sols agricoles	10	12	17	18	17	18	18	18	81 %	56 %
Incinération des résidus agricoles dans les champs	0,24	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	-80 %	4,3 %
Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés	1,2	1,4	2,7	3,0	3,1	2,8	3,1	3,4	192 %	142 %
Par système de production										
Bétail	**33**	**46**	**38**	**38**	**38**	**38**	**37**	**37**	**11 %**	**-20 %**
Vaches laitières	6,1	5,3	5,9	5,9	6,0	6,0	5,9	6,0	-2,5 %	12 %
Bovins de boucherie	24	35	27	27	27	26	26	26	8,6 %	-27 %
Porcs	2,2	3,6	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	59 %	-2,4 %
Autres animaux d'élevage[b]	1,4	2,2	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	34 %	-15 %
Culture	**9,5**	**11**	**17**	**19**	**18**	**18**	**19**	**19**	**105 %**	**83 %**
Engrais azotés inorganiques[c]	5,6	6,7	12	13	13	12	13	14	151 %	111 %
Décomposition des résidus de culture	2,8	3,2	4,3	4,5	3,5	4,4	4,2	4,4	57 %	37 %
Autres pratiques[d]	1,1	0,8	1,0	1,2	1,2	1,8	0,94	1,1	-3,4 %	33 %

Notes :

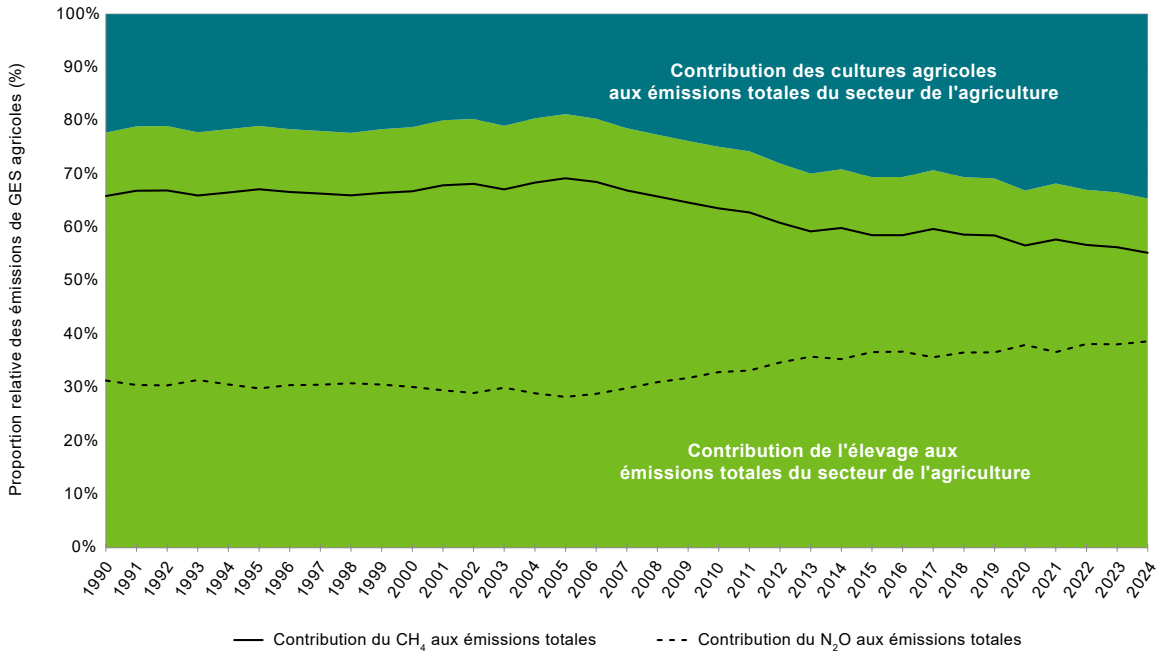
a. Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.

b. Les autres animaux d'élevage comprennent les moutons, les agneaux, les chèvres, les chevaux, les bisons, les volailles, les lamas et les alpagas, les mules et les ânes, ainsi que les animaux à fourrure.

c. Les engrais inorganiques comprennent les émissions de N_2O provenant du sol et les émissions de CO_2 provenant de l'hydrolyse du carbone stocké dans l'urée.

d. Les autres pratiques comprennent les jachères, les pratiques culturales de conservation, l'irrigation, la culture de sols organiques, la minéralisation du carbone du sol, l'utilisation de chaux, le brûlage au champ des résidus de culture et l'épandage de biosolides.

Figure 2–21 **Proportions des émissions canadiennes de GES d'origine agricole rejetées sous forme de CH_4 et de N_2O, ou attribuées à l'élevage et aux cultures agricoles (de 1990 à 2024)**



2.3.3.1. Fermentation entérique (émissions de GES en 2024 : 26 Mt)

Les émissions issues de la fermentation entérique proviennent presque entièrement (96 %) de l'élevage de bétail au Canada. Entre 1990 et 2024, elles sont passées de 25 Mt à 26 Mt, une hausse de 5,49 %. Les hausses enregistrées de 1990 à 2005 s'expliquent surtout par l'accroissement du cheptel de bovins de boucherie et l'augmentation du poids de ces bovins, propulsés par la robustesse des prix des produits de base. Le cheptel bovin a atteint un sommet en 2005, puis a diminué de 30 % en raison de la chute marquée des prix qui a suivi une épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB, ou maladie de la vache folle) en 2003. Dans les dernières années, le cheptel de bovins de boucherie et les émissions associées se sont stabilisés.

Parallèlement, les émissions associées aux vaches laitières ont chuté d'environ 10 % depuis 1990, principalement en raison d'une réduction de 31 % du cheptel laitier de 1990 à 2024 (Statistique Canada, s.d. [i]). Cependant, grâce aux améliorations génétiques et aux changements apportés à l'alimentation et aux pratiques de gestion, la vache laitière moyenne consomme aujourd'hui plus de nourriture et produit 59 % plus de lait qu'en 1990 et, par conséquent, elle émet aujourd'hui davantage de GES. La réduction des émissions associées au déclin du cheptel de vaches laitières est donc partiellement contrebalancée par une augmentation de 26 % des émissions par animal depuis 1990.

2.3.3.2. Gestion des fumiers (émissions de GES en 2024 : 8,2 Mt)

Les émissions provenant des systèmes de gestion des fumiers ont augmenté de 6,2 Mt en 1990 à 8,2 Mt en 2024 (ou 32 %), une hausse attribuable à l'accroissement des cheptels bovin, porcin et avicole. Le stockage des fumiers engendre aussi bien du CH_4 (14 % du CH_4 total d'origine agricole) que du N_2O (16 % du N_2O total d'origine agricole). La gestion du fumier bovin et avicole génère surtout du N_2O, alors que le fumier porcin produit principalement du CH_4. En raison de changements dans les pratiques de stockage du fumier, les émissions provenant du fumier de bovins laitiers, qui étaient principalement composées de N_2O, sont désormais principalement composées de CH_4. C'est pourquoi les émissions de CH_4 correspondent étroitement aux changements dans le cheptel et les pratiques dans les secteurs laitier et porcin, passant de 2,7 Mt en 1990 à 4,2 Mt (60 %) en 2024. De leur côté, les émissions de N_2O suivent étroitement l'évolution du cheptel de bovins de boucherie, passant de 3,6 Mt en 1990 à 4,8 Mt (+33 %) en 2005, et diminuant par après à 3,9 Mt (-20 %) en 2024. Comme c'était le cas pour la fermentation entérique, l'augmentation du poids des bovins de boucherie a également contribué à faire monter les émissions de N_2O provenant du fumier.

2.3.3.3. Sols agricoles (émissions de GES en 2024 : 18 Mt)

Les émissions des Sols agricoles résultent de l'épandage d'engrais azotés inorganiques et organiques sur les sols de cultures annuelles et pérennes et de la décomposition des résidus de culture; ces émissions peuvent être modifiées par les pratiques de gestion culturale. Elles sont passées de 10 Mt en 1990 à 18 Mt en 2024, une hausse de 81 % principalement attribuable à l'utilisation accrue d'engrais azotés inorganiques et à une réduction relative de la proportion de N épandu sur les sols de cultures pérennes.

Les émissions totales causées par l'épandage d'engrais azotés inorganiques sont passées de 4,8 Mt en 1990 à 12 Mt en 2024, une hausse de 149 %, la consommation d'engrais azotés inorganiques ayant augmenté de manière constante de 1,2 Mt à 3,2 Mt d'azote durant la même période. L'accroissement des ventes d'engrais azotés s'est principalement produit au cours de deux périodes : de 1991 à 1997 et de 2007 à 2024. La hausse observée pendant la première période est attribuable à l'intensification des systèmes culturaux et à la réduction des jachères dans les Prairies canadiennes, et celle de la deuxième période à une flambée du prix des céréales qui a incité les agriculteurs à utiliser une plus grande quantité d'éléments nutritifs et à convertir à des cultures annuelles des terres servant à des cultures pérennes et coïncidant avec une réduction de l'élevage de bovins au pâturage dans les Prairies canadiennes. L'utilisation accrue d'engrais depuis 1990 a également fait augmenter de 2,4 Mt (304 %) les émissions de CO_2 provenant de l'urée et du nitrate d'ammonium.

Les émissions provenant de la décomposition des résidus de culture et de la minéralisation du COS ont varié entre un plancher de 2,2 Mt en 1991 et un plafond de 5,1 Mt en 2022, principalement en raison des effets des conditions météorologiques sur les rendements culturaux et des variations dans la proportion des cultures annuelles et pérennes. Les émissions ont baissé à 3,7 Mt en 2021, à cause de fortes conditions de sécheresse dans les Prairies qui ont causé une baisse importante de la production de cultures végétales. Depuis 2021, les émissions sont remontées à 4,2 Mt pour se chiffrer à 4,4 Mt en 2024, car la production agricole, et donc les résidus de culture sont retournés à des niveaux plus près de la normale. Malgré la forte variabilité interannuelle de la production culturale, la production présente généralement une hausse pendant la période de déclaration et, par le fait même, les émissions provenant de la décomposition des résidus de culture augmentent.

En 1990, les pratiques de gestion des terres cultivées, plus précisément l'irrigation et l'adoption des pratiques de conservation des sols, ont contribué à hauteur de 0,13 Mt aux émissions nettes totales des sols. En 2024, l'adoption de pratiques de conservation des sols (environ 17 millions d'hectares de terres cultivées depuis 1990) a réduit les émissions de 2,5 Mt, tandis que l'intensification de l'irrigation les a augmentées de 1,2 Mt, pour une réduction nette de 1,3 Mt.

2.3.4. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (Source nette de GES en 2024 : 4,3 Mt, non comprises dans les totaux nationaux)

Le secteur ATCATF inclut les flux de GES anthropiques en provenance et à destination des terres aménagées au Canada, y compris ceux associés au changement d'affectation des terres. Les émissions de GES des sources et les absorptions des puits sont estimées et déclarées pour cinq catégories de terres aménagées — Terres forestières, Terres cultivées, Prairies, Terres humides et Établissements — de même que pour la catégorie Produits ligneux récoltés, étroitement liée aux Terres forestières et à la Conversion de forêts. Le flux net du secteur ATCATF est calculé et présenté comme étant la somme des émissions de CO_2 et de gaz autres que le CO_2 vers l'atmosphère et des absorptions de CO_2 de l'atmosphère.

En 2024, selon les estimations, le secteur ATCATF aurait émis 4,3 Mt de CO_2 dans l'atmosphère, en comparaison avec 61 Mt d'émissions nettes en 1990 et de 81 Mt en 2005. Les totaux nationaux sont déclarés à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) avec et sans les émissions et les absorptions dans le secteur ATCATF. Les fluctuations nettes de GES estimées dans le secteur ATCATF, toutes comprises, représentent une augmentation de 10 % en 1990, de 11 % en 2005 et de 0,6 % en 2024 (Figure 2–8).

Les flux nets déclarés dans le secteur ATCATF étaient positifs (émissions) pour toutes les années de la série chronologique, sauf 2023 (absorptions). Les émissions ont augmenté au début de la série chronologique jusqu'en 2005, pour diminuer de façon générale jusqu'en 2023. Les fluctuations interannuelles sont passées d'un faible puits en 2023 à une faible source en 2024 (Tableau 2–11). Au cours de la première moitié de la série chronologique, l'augmentation des émissions nettes de CO_2 provenant du secteur des Terres forestières a été partiellement atténuée par une augmentation des absorptions nettes de CO_2 dans les Terres cultivées et une diminution des émissions attribuables à la conversion de forêts à d'autres affectations des terres. L'augmentation des émissions nettes déclarées dans l'atmosphère provenant du secteur des Terres au cours des quinze premières années de la période de déclaration est due à une expansion soutenue de la récolte forestière et à une augmentation de la mortalité des insectes au milieu des années 2000. Depuis 2005, le déclin et la stabilisation des taux de récolte ont entraîné une réduction des émissions nettes de CO_2 provenant des Terres forestières. Durant cette période, les absorptions des Terres cultivées, bien que soumises à une variation interannuelle, n'ont pas démontré de tendance évidente, car l'augmentation des absorptions liée à l'accroissement de la production culturale était compensée par la diminution des absorptions associée à la perte de la couverture de cultures pérennes et à l'augmentation récente des taux de déforestation agricole. Le sommet des émissions en 2022 a été provoqué par la sécheresse qui a touché l'Ouest du Canada en 2021 puisque les émissions provenant de la décomposition du carbone organique du sol (COS) ont largement dépassé les nouveaux apports de carbone dans le sol (Figure 2–22), mais les récoltes normales de 2022 ont fait en sorte que les sols sont revenus à un puits net en 2023. Dans une moindre mesure, ce puits est demeuré en 2024.

Tableau 2–11 **Émissions et absorptions de GES du secteur ATCATF, certaines années**

Catégories sectorielles		Flux net de GES (Mt d'éq. CO_2)[a]									
		1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Variation 1990–2024	Variation 2005–2024
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE (TOTAL)		**61**	**81**	**16**	**26**	**14**	**46**	**-8,7**	**4,3**	**- 57**	**-77**
a.	Terres forestières	79	150	36	36	29	15	1,3	-1,2	-80	-150
b.	Terres cultivées	5,6	-20	-12	-10	-14	24	-21	-3,6	-9,2	16
c.	Prairies	0,0007	0,0009	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0006	0,0004
d.	Terres humides	10	7,0	5,6	5,6	6,0	5,7	5,5	5,4	-4,7	-1,6
e.	Établissements	4,9	5,1	5,0	4,7	4,6	4,5	4,6	4,3	-0,62	-0,77
g.	Produits ligneux récoltés	-39	-57	-18	-10	-11	-3,0	0,73	-0,63	38	56

Notes :
Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.
a. Les signes négatifs indiquent une absorption nette de CO_2 de l'atmosphère.

2.3.4.1. Terres forestières et Produits ligneux récoltés (Flux de GES en 2024 : 1,8 Mt)

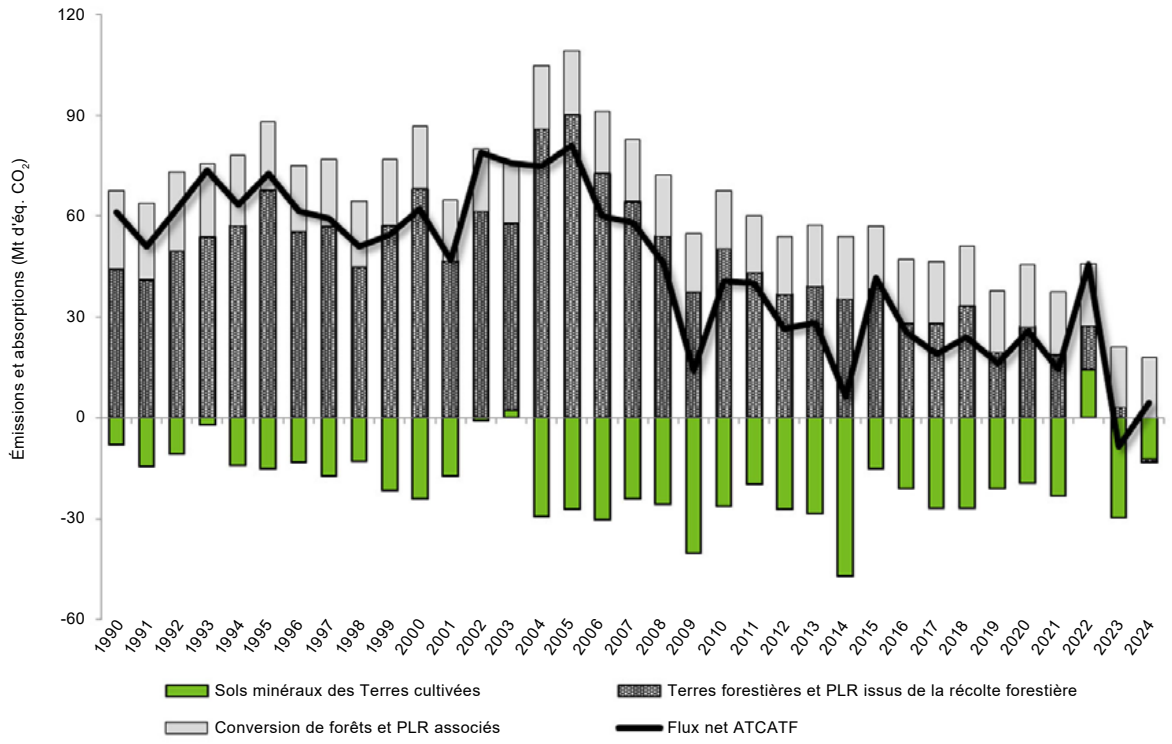
Prises ensemble, les catégories Terres forestières et Produits ligneux récoltés comprennent les flux de GES entre l'atmosphère et les forêts aménagées du Canada, ainsi que les transferts vers la catégorie des produits ligneux récoltés (PLR) à l'échelle mondiale issus d'activités de récolte domestique et des fluctuations résultantes du carbone stocké sous forme de produits de bois utilisés. Le flux net total des gains attribuables aux forêts aménagées et aux PLR qui en résultent était estimé à 1,8 Mt en 2024 (Figure 2–22), ce qui représente la différence entre les gains nets de 1,2 Mt des Terres forestières et les gains nets de 0,6 Mt en PLR provenant de la récolte forestière.

Les pertes nettes déclarées pour les Terres forestières (après la séparation des flux de GES associés à plusieurs perturbations naturelles graves des flux de GES d'origine anthropique) ont augmenté, passant de 79 Mt en 1990 à 150 Mt en 2005. La tendance anthropique prédominante directement associée aux activités humaines effectuées dans les forêts aménagées est une augmentation de 34 % de la quantité de carbone extraite des forêts par récolte et transférée dans les PLR entre 1990 et 2004, année record de récolte. Cette tendance représente une augmentation de la superficie de récolte annuelle estimée, qui est passée de 0,9 Mha en 1990 à 1,4 Mha en 2004. De cette superficie, 11 %, 8,8 % et 3,0 % ont fait l'objet de coupe à blanc avec brûlage des résidus, et 73 kha, 84 kha et 58 kha estimés ont été visés par une éclaircie commerciale respectivement en 1990, 2005 et 2024. Le reste de la récolte annuelle consistait en des coupes à blanc dans lesquelles les résidus étaient laissés sur place pour se décomposer.

Depuis 2005, les pertes nettes des Terres forestières ont diminué jusqu'à un gain net de 1,2 Mt en 2024, car la zone de forêt mature a augmenté et une plus grande proportion des perturbations liées à l'exploitation antérieure s'est transformée de source nette en puits net. Les niveaux de récolte classique sont demeurés relativement constants ces dernières années, ceux de 2024 étant toujours de 44 % inférieurs à leur plafond de 2004. Les émissions du brûlage des résidus ont diminué ces dernières années; elles sont à leur niveau le plus bas de toute la série chronologique. Cette tendance récente d'une récolte réduite est l'effet combiné d'un changement des marchés mondiaux et des préférences des consommateurs, ainsi que de l'augmentation croissante de la demande de produits non traditionnels comme les bioproduits, et, plus récemment, d'une chute importante de la demande mondiale dans les marchés traditionnels du papier étant donné le remplacement de nombreux produits en papier par des options sur support numérique, une tendance accélérée par la pandémie de COVID-19 (RNCan, 2022). De plus, l'effet indirect des feux de forêt exceptionnellement nombreux survenus durant plusieurs années de la dernière décennie, principalement dans l'Ouest canadien, a eu un impact sur la superficie de forêt mature sur le plan commercial dans certaines régions et, par conséquent, ont donné lieu à une réévaluation des taux de récolte par les organismes de gestion forestière.

La diminution des pertes nettes des Terres forestières à l'échelle nationale est surtout due aux tendances observées dans la Cordillère montagnarde, les Plaines boréales et le Bouclier boréal Est. De graves épidémies d'insectes dans la Cordillère montagnarde au début des années 2000 et les taux élevés de récolte du bois subséquents dans les peuplements forestiers touchés ont transféré des quantités importantes de carbone vers le réservoir des PLR, remettant de vastes superficies de forêts auparavant productives aux catégories d'arbres plus jeunes où les arbres absorbent et emmagasinent moins de carbone dans la biomasse et où les résidus de récolte supplémentaires augmentent les émissions de décomposition. De plus, les peuplements forestiers de l'écozone de la Cordillère montagnarde ont été affectés par des infestations d'insectes qui ont causé une faible mortalité des arbres sur de grandes superficies, entraînant une augmentation généralisée des émissions de CO_2 découlant de la décomposition. De même, dans les Plaines boréales, les récoltes à rythme soutenu ont fait sortir du carbone de l'écosystème forestier, et les infestations d'insectes et les incendies ont, ensemble, ramené de vastes superficies de forêts auparavant productives aux catégories d'arbres plus jeunes, bien que les effets aient été partiellement compensés par l'augmentation des zones de forêts matures dans les rapports. La combinaison d'une réduction des taux nets de stockage du CO_2 dans la biomasse et d'une augmentation des émissions de CO_2 issues de la décomposition a entraîné une hausse nette des pertes par les forêts de ces régions (principalement entre 1990 et 2005), hausse suffisamment importante pour influer sur la tendance nationale. En outre, de graves feux de forêt ont récemment touché certaines de ces régions, réduisant la superficie de terres forestières matures sur le plan commercial. La tendance à la baisse des pertes de carbone dans le Bouclier boréal Est

Figure 2–22 **Flux net et principales causes des émissions et des absorptions de GES dans le secteur ATCATF, 1990–2024**



compense partiellement les pertes croissantes de carbone se produisant dans d'autres régions, provoquées par la croissance de la superficie des forêts matures dans les années 1990 et au début des années 2000, qui s'est ensuite stabilisée au cours des dernières années. En même temps, l'augmentation des perturbations causées par les insectes a fait augmenter les émissions issues de la décomposition. Depuis 2005, toutes les écozones ont affiché une tendance vers des pertes de carbone à la baisse principalement causée par des taux de récoltes inférieurs. Bien que les émissions et les absorptions associées à ces perturbations naturelles graves soient différenciées des flux anthropiques, les perturbations à faible mortalité dues aux insectes influent néanmoins sur les flux de GES déclarés. L'impact des incendies sur les forêts aménagées au Canada ne peut être négligé, même s'il n'est pas pris en compte dans la composante anthropique du rapport. Depuis 2018, les incendies de forêt ont émis en moyenne 270 Mt d'éq. CO_2 par année, ce qui a affecté la catégorie d'arbres de la forêt et la capacité de stockage du carbone. En 2023 et 2024 (les deux années ayant connu les plus grands feux de forêts durant la période de déclaration), environ 7,9 et 2,6 Mha de zones forestières ont brûlé, dont de grandes superficies de peuplements matures sur le plan commercial. Ces zones perturbées devraient demeurer des sources nettes d'émission de carbone pendant plusieurs années.

Les gains et pertes des PLR reflètent le changement net dans le stockage à long terme du carbone dans le bois récolté des forêts canadiennes. Les transferts annuels de carbone vers le réservoir des PLR sortant des récoltes sont contrebalancés par les pertes annuelles, soit les émissions issues de l'oxydation (décomposition ou combustion), soit l'élimination des produits à la fin de leur vie utile, d'où le changement net de carbone stocké mondialement en tant que PLR canadiens. Environ un tiers des pertes des PLR (36 % en 2024) résultent des produits ligneux à longue durée de vie qui atteignent la fin de leur vie utile et sont transférés dans le flux de déchets plusieurs décennies après la récolte du bois. En 2024, l'élimination et les émissions en fin de vie des produits de courte durée de vie, c.-à-d. les produits des pâtes et papiers et les produits bioénergétiques, représentaient respectivement 25 % et 37 % des pertes annuelles dans les PLR. Ces mêmes produits avaient une contribution de 31 % et de 40 % en 1990 et de 35 % et 40 % en 2005. Les déchets de traitement du bois étaient plus nombreux en 1990, étant responsables de 14 % des pertes annuelles dans les PLR, avant l'adoption de la pratique désormais courante consistant à employer les déchets de bois pour produire de la bioénergie. En général, les fluctuations dans les transferts liés aux produits de bois à courte durée de vie reflètent les tendances récentes en matière de taux de récoltes forestières. En raison de ces fluctuations, les pertes annuelles découlant des PLR dans les émissions et l'élimination allaient d'un minimum de 130 Mt en 2009 (l'année de la récolte la plus faible) à un maximum de 150 Mt en 1995. Le stockage net de carbone a augmenté dans la catégorie des PLR toutes les années de la série chronologique, à l'exception de 2009 et 2023 où les taux de récolte étaient à leur plus bas et les pertes du réservoir de carbone des PLR dépassaient les transferts vers la catégorie.

En 2005 et en 2024, les transferts liés à la bioénergie et la combustion de carbone provenant des Terres forestières étaient respectivement de 59 Mt et de 44 Mt pour la bioénergie résidentielle et industrielle. La bioénergie industrielle provient surtout des déchets produits lors du traitement du bois dans la fabrication de produits. Au cours de ces années, les déchets issus du traitement du bois se chiffraient à 4 Mt, dont la quasi-totalité consacrée à la production d'énergie.

2.3.4.1.1. Émissions attribuables à l'exploitation forestière

Le Canada dispose d'une industrie forestière importante, de sorte qu'une meilleure estimation de l'incidence de l'exploitation forestière sur les émissions et absorptions pourra mener à des décisions plus éclairées. L'exploitation forestière consiste en une variété d'activités d'aménagement et de décisions sous la juridiction des provinces et territoires selon des principes de gestion durable des forêts (RNCan, 2023). Les activités d'aménagement forestier englobent l'inventaire et la planification, la récolte, l'éclaircie, le brûlage, la préparation des sites, la régénération, l'entretien des peuplements, la fertilisation, le désherbage, la lutte contre les incendies et la lutte antiparasitaire. Toutes ces activités, incluant la récolte qui les accompagne, sont intégrées aux plans d'aménagement forestier afin d'assurer le maintien de la capacité productive de la forêt. Ainsi, l'impact réel de l'aménagement forestier ne peut pas se résumer à celui des récoltes considérées de manière isolée, et est mesuré comme la variation nette des stocks de carbone en forêt aménagée, conformément aux Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006).

Comme dans plusieurs industries, les activités liées à la récolte de bois couvrent plusieurs secteurs du présent Rapport d'inventaire national (RIN), notamment l'ATCATF, l'Énergie, les Procédés industriels et utilisation des produits, ainsi que les Déchets. Afin d'offrir un portrait aussi complet que possible, et dans la mesure où le permettent les données et systèmes sur lesquels repose le RIN, les émissions, les absorptions, ainsi que les flux entre les principaux réservoirs associés à l'exploitation forestière sont déclarés séparément dans le Tableau 2–12.

Durant l'année de la récolte, la matière organique morte (MOM) préexistante et les résidus de récolte se décomposent, menant à des émissions de dioxyde de carbone. Au même moment, les absorptions associées à la repousse du peuplement sont négligeables (Tableau 2–12, Émissions nettes des terres récoltées, nouvelles; Émissions provenant du déboisement de routes forestières, directes). Après la première année de récolte, les émissions issues de la décomposition se poursuivent et les absorptions s'accroissent à mesure que la forêt gagne en productivité (Tableau 2–12, Émissions nettes des terres récoltées, nouvelles; Émissions provenant du déboisement de routes forestières, résiduelles). La version actuelle du Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) ne permet pas de départager les émissions découlant de la décomposition de la MOM préexistante de celles associées à la décomposition des nouveaux intrants découlant de l'activité de récolte. De plus, les sites ayant des stocks de MOM supérieurs avant la récolte, comme après une infestation par des insectes, ont des émissions élevées causées par la décomposition, que la récolte ait lieu ou non.

Les flux de carbone ont lieu dans les produits ligneux récoltés (PLR) aux stades de production, d'utilisation et d'élimination. La production de produits de bois usinés, incluant les pâtes et papiers, nécessite de la machinerie dont les émissions sont déclarées dans le secteur Énergie-Sources de combustion fixes (Tableau 2–12, Gaz autres que le CO_2 provenant de la production de bioénergie). De la matière ligneuse est aussi brûlée à des fins bioénergétiques résidentielles (par ex. chauffage) et industrielles (par ex. chauffage et électricité), engendrant ainsi des émissions (Tableau 2–12, Émissions de bioénergie résidentielle, émissions de bioénergie industrielle). Lorsque les produits du bois canadiens, à courte et longue durée de vie, sont mis hors service et éliminés à travers le monde, le carbone qu'ils contiennent est déclaré comme un flux (Tableau 2–12, Flux de carbone provenant de l'élimination des PLR) en fonction de leur durée de vie respective. Lorsqu'ils sont éliminés dans des sites d'enfouissement, ces produits demeurent intacts pendant des années et deviennent une source importante de méthane (Moreau et al., 2023), lequel est déclaré dans le pays où l'élimination a lieu.

Le carbone récolté des forêts reste séquestré dans les produits de bois pendant des décennies, contribuant à un réservoir mondial croissant de carbone (Tableau 2–12, Stock cumulatif de produits). Pendant que le carbone est stocké dans les produits de bois, les terres aménagées ayant fait l'objet de récoltes se régénèrent, contribuant à un puits de carbone actif et une source renouvelable de produits. Le carbone de la forêt a initialement été absorbé de l'atmosphère par photosynthèse, c'est-à-dire le cycle biotique du carbone. Par conséquent, lorsque le carbone de la forêt retourne dans l'atmosphère, il ne représente pas un gain net des concentrations de CO_2 comme c'est le cas pour les combustibles fossiles. La bioénergie et les produits à base de bois remplacent d'autres alternatives émettant davantage comme le charbon, le pétrole, le béton ou l'acier dans d'autres secteurs économiques (par ex. l'énergie, la fabrication, la construction) (Smyth et al., 2017).

L'utilisation de combustible par la machinerie servant à la récolte est calculée et déclarée dans le secteur Énergie-Transports (Tableau 2–12, Activités d'exploitation forestière). Il est toutefois impossible d'estimer l'utilisation de combustible associée au transport du bois récolté hors site en raison du niveau d'agrégation dans le secteur Énergie-Transports.

Tableau 2–12 **Émissions, absorptions et fluctuations des stocks de carbone associés aux activités d'exploitation forestière, certaines années**

Catégories de sources de GES	Flux et stocks de GES							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TERRES FORESTIÈRES								
Émissions et absorptions nettes, récoltes forestières (Mt d'éq. CO_2)								
Émissions nettes des terres récoltées	110	120	52	50	45	39	31	25
Émissions nettes des terres récoltées, nouvelles[a]	33	48	36	36	34	31	28	28
Émissions et absorptions nettes des terres récoltées, antérieures[b]	73	72	16	14	11	7,0	3,0	-3,0
Déboisement des routes forestières	1,1	0,83	0,28	0,26	0,26	0,22	0,21	0,19
Émissions provenant du déboisement de routes forestières, directes	0,29	0,22	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04
Émissions provenant du déboisement des routes forestières, résiduelles	0,79	0,6	0,23	0,22	0,2	0,18	0,17	0,15
PRODUITS LIGNEUX RÉCOLTÉS (PLR)								
Émissions et flux - PLR (Mt d'éq. CO_2)								
Flux de carbone provenant de l'élimination des PLR[c]	76	87	81	83	80	79	76	75
Émissions de bioénergie industrielle[d]	35	46	33	37	38	39	34	34
Émissions de bioénergie résidentielle	15	11	12	10	9,0	10	9,0	9,0
Flux et stocks de carbone (Mt C)								
Transfert de carbone de terres forestières aux PLR[e]	44	54	39	38	38	36	32	32
Récolte commerciale	40	51	36	35	35	33	30	30
Récolte de bois de chauffage résidentiel	4,1	3,1	3,2	2,8	2,5	2,7	2,5	2,3
Stocks cumulatifs de produits	330	510	600	600	600	600	600	600
Bois massif[f]	280	460	560	560	570	570	570	570
Pâtes et papiers	46	55	37	35	34	32	30	29
Flux de carbone provenant de l'élimination des PLR	34	39	34	36	35	35	33	32
Bois massiff	5,4	9,0	11	11	11	11	12	12
Pâtes et papiers	11	14	10	10	9,0	8,8	8,3	7,9
Résidus d'usine non utilisés	4,5	1,0	0,80	1,6	1,3	1,2	0,90	0,90
Bioénergie industrielle	9,6	13	9,0	10	10	11	9,2	9,2
Bioénergie résidentielle	4,1	3,1	3,4	2,9	2,6	2,8	2,6	2,4
ÉMISSIONS DÉCLARÉES DANS D'AUTRES SECTEURS[g]								
Émissions de combustibles fossiles et de procédés industriels (Mt d'éq. CO_2)								
Activités d'exploitation forestière[h]	3,0	2,8	2,6	2,2	2,4	2,4	2,2	2,1
Production de pâtes et papiers	15	8,7	7,9	6,9	7,2	7,3	7,1	6,4
Gaz autres que le CO_2 provenant de la production de bioénergie	0,29	0,35	0,3	0,26	0,27	0,28	0,26	0,25

Notes :

Consulter les annexes méthodologiques du RIN (Annexe 3) pour obtenir des informations détaillées sur les sources de données et les méthodes.

a. Comprend les émissions nettes provenant de la décomposition des terres forestières récoltées, moins la repousse au cours de l'année initiale de récolte. Inclut le brûlage des résidus, le brûlage dirigé et le reboisement.

b. Comprend les émissions nettes provenant de la décomposition et de la repousse des peuplements déjà récoltés.

c. Le bois rejeté dans les sites d'enfouissement est représenté comme un flux instantané dans l'atmosphère aux fins de la déclaration.

d. Comprend le carbone non brûlé restant sous forme de cendres.

e. Les transferts de carbone vers les PLR provenant du déboisement des routes forestières, qui valent 2,1 Mt C de 1990 à 2024 (0,13 % du total des transferts de C de 1990 à 2024) sont exclus. La modélisation actuelle des PLR ne permet pas de déclarer séparément les émissions par activité de déboisement précise.

f. Le bois massif comprend le bois scié, le bois composite (c.-à-d. les panneaux de bois) et d'autres produits industriels en bois massif.

g. Des renseignements détaillés se trouvent dans les tableaux transversaux publiés sur le Portail de données ouvertes du gouvernement du Canada.

h. Les émissions provenant de la machinerie et de la transformation du bois n'incluent pas le transport de bois rond aux usines.

2.3.4.2. Conversion de forêts (émissions de GES en 2024 : 19 Mt)

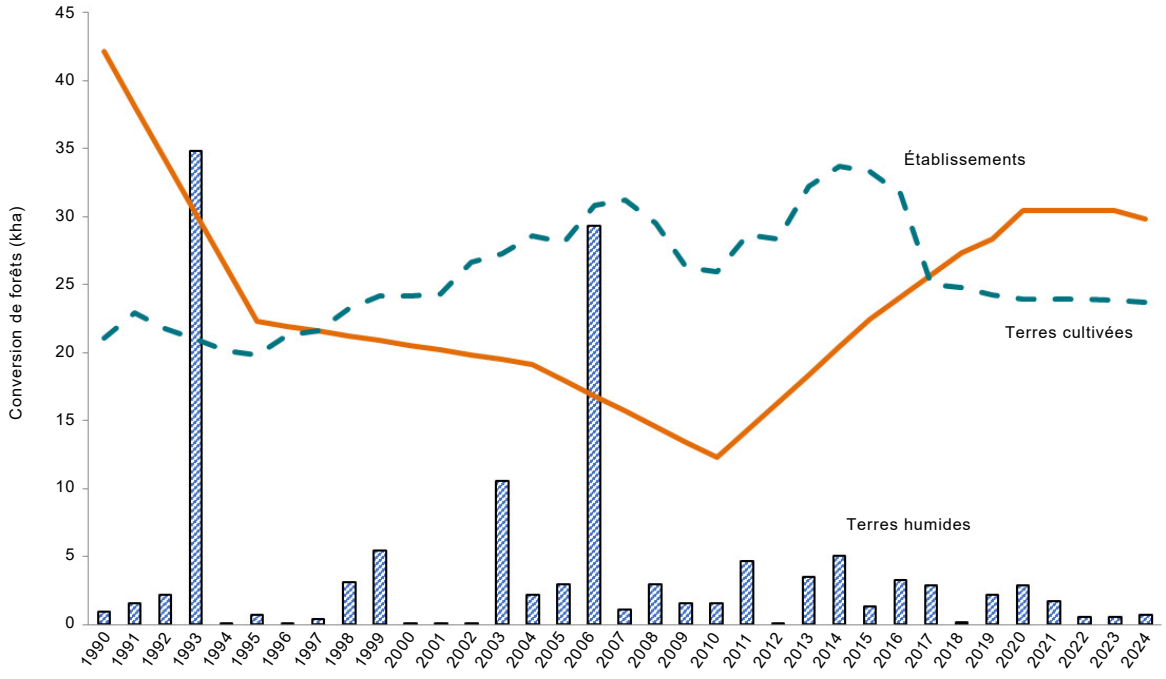
La conversion de forêts[11] n'est pas en soi une catégorie de déclaration, puisqu'elle chevauche les sous-catégories des Terres converties en Terres cultivées, des Terres converties en terres humides et des Terres converties en établissements. Elle comprend aussi les transferts de carbone vers les PLR issues des activités de conversion des forêts depuis 1990, ce qui contribue aux stocks de carbone dans les produits de bois à l'échelle mondiale. Les émissions imputables à la conversion de forêts sont passées de 27 Mt en 1990 à 19 Mt en 2024.

La conversion de forêts à d'autres affectations est encore pratique courante au Canada. Elle dépend de plusieurs facteurs régionaux, notamment des cadres d'orientation et de réglementation, des forces du marché et de la richesse en ressources naturelles. Depuis 1990, 1,9 million d'hectares de forêts ont été convertis à d'autres affectations des terres au Canada. Les taux annuels moyens de conversion sont les plus hauts dans les Plaines boréales (25 kha par an) et dans le Bouclier boréal Est (8 kha par an), soit respectivement 45 % et 15 % de la perte totale de forêts au Canada.

Le déboisement au profit de l'expansion agricole (Terres cultivées) est le principal facteur de conversion des forêts, équivalant à 30 kha (55 %) de la superficie forestière totale perdue en 2024. Les taux annuels ont diminué graduellement de 42 kha en 1990 à 12 kha en 2010, surtout dans les Plaines boréales, les Prairies subhumides et la Cordillère montagnarde dans l'Ouest canadien, après une période active d'expansion agricole au cours des décennies précédentes. Après 2010, les taux annuels ont connu une hausse constante pour atteindre 30 kha en 2020. Depuis, les estimations des taux de conversion sont demeurées relativement stables autour de 30 kha, ce qui reflète l'expansion agricole continue, surtout dans les Plaines boréales, les Prairies subhumides et les Plaines à forêts mixtes, respectivement responsables de 60 %, 15 % et 8 % de l'expansion agricole en 2024.

En raison de leur taux annuel de conversion qui atteint actuellement 24 kha, les Terres forestières converties en établissements arrivent en deuxième place en ce qui a trait à la perte de superficie forestière, étant responsables de 44 % du total de la perte en 2024, contre 33 % en 1990 et 57 % en 2005 (Figure 2–23). Cette augmentation est surtout due à une tendance à la hausse de la conversion de terres forestières en terres accueillant des infrastructures pétrolières et gazières de 1990 à 2006, et l'exploitation minière et le développement industriel de 2004 à 2015. Des taux considérablement plus élevés de conversion de terres forestières à des fins d'infrastructure hydroélectrique autour de 2013 à 2015 ont aussi contribué à cette tendance. Le plus haut taux annuel moyen de conversion de terres forestières en établissements a été enregistré dans les Plaines boréales (11 kha par année), suivies du Bouclier boréal Est (4,0 kha par année).

Figure 2–23 **Tendances dans les taux annuels de conversion de forêts en terres cultivées, en terres humides et en établissements**



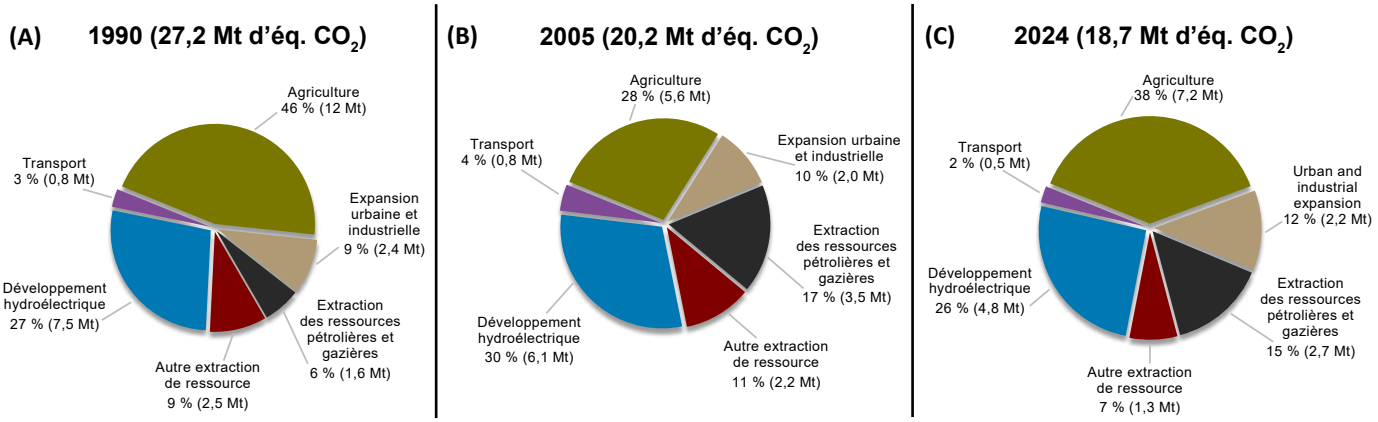
11 Les émissions résultant de la conversion des forêts sont incorporées aux sommes des émissions des autres catégories d'affectation des terres; par conséquent, la valeur de 19 Mt déclarée dans cette section est incluse dans les sommes associées aux totaux des autres catégories d'affectation des terres.

La conversion de Forêts en Terres humides est principalement causée par l'aménagement hydroélectrique (terres submergées), une occurrence épisodique, correspondant à la mise en eau occasionnelle de grands réservoirs (p. ex., LaForge-1 en 1993 et Eastmain-1 en 2006, voir la Figure 2–23). Depuis 1990, la superficie cumulative de forêt convertie pour la création de réservoirs hydroélectriques et des infrastructures qui s'y rattachent se chiffre à 230 kha, soit 13 % du total de la superficie forestière convertie durant la période de déclaration. La conversion de forêts à des fins de production hydroélectrique touche surtout le Bouclier de la taïga Est et le Bouclier boréal Est.

Les émissions associées à la déforestation reflètent ces tendances du taux de conversion (voir la Figure 2–24). Les émissions découlant de l'expansion agricole atteignaient en 1990 un sommet de 12 Mt (46 % des émissions totales causées par la déforestation), ont diminué à 5,4 Mt (27 %) en 2005 et atteignent un minimum de 4,1 Mt en 2010. Depuis, l'expansion agricole grandissante a mené à une hausse des émissions jusqu'à 7,2 Mt, comparable aux niveaux observés à la fin des années 1990. Similairement, les émissions découlant des réservoirs des projets hydroélectriques étaient élevées en 1990, à 7,5 Mt (27 %), pour diminuer de façon continue jusqu'à 4,8 Mt (25 %) en 2024. En revanche, les émissions liées au développement pétrolier et gazier ont augmenté de 1,6 Mt (6 %) en 1990 à 2,7 Mt (15 %) en 2024, ce qui souligne l'influence croissante de ce secteur sur la conversion des forêts. Là où l'extraction des autres ressources (exploitation minière, ressources renouvelables, extraction de la tourbe) a diminué progressivement d'un sommet de 2,5 Mt en 1990 à 1,3 Mt en 2024, les émissions liées à l'expansion urbaine et industrielle ont maintenu sa tendance régulière, affichant des fluctuations mineures autour d'une moyenne annuelle de 2,1 Mt de 1990 à 2024. Ces résultats reflètent la croissance urbaine constante malgré la baisse des émissions globales dues à la déforestation depuis 1990. De façon similaire, les émissions engendrées par la déforestation durant la construction de lignes de transport comme les routes et les chemins de fer sont demeurées stables autour d'une moyenne de 0,7 Mt durant toute la période de déclaration.

Ces tendances mettent en évidence les facteurs variables à l'origine du changement d'affectation des terres au cours des 30 dernières années, qui ensemble ont contribué à la baisse globale des émissions issues de la conversion des forêts lors des 20 premières années de suivi au Canada. Dans les dernières années, l'expansion agricole accélérée et l'influence grandissante des infrastructures pétrolières et gazières ont contribué à la hausse des émissions, mais ces effets ont été en partie contrebalancés par le déclin soutenu des émissions issues du développement de projets hydroélectriques. L'effet cumulé de ces facteurs : une tendance à la baisse des émissions dues au déboisement, qui ont atteint un plancher pour remonter récemment à cause de la pression variable exercée par tous les types d'affectation des terres.

Figure 2–24 **Tendances des émissions annuelles attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées, terres humides et établissements**



2.3.4.3. Terres cultivées (absorptions de GES en 2024 : 4 Mt)

La catégorie des Terres cultivées comprend les effets des pratiques agricoles sur les émissions et les absorptions de CO_2 par les terres arables ainsi que les répercussions immédiates et à long terme de la conversion de forêts et de prairies en terres cultivées.

Les Terres cultivées ont contribué aux estimations du secteur des terres des émissions nettes de 5,6 Mt en 1990, des absorptions nettes de 20 Mt en 2005 et des absorptions nettes de 3,6 Mt en 2024. Cette catégorie des terres présente des absorptions nettes allant de 1,9 à 40 Mt pour toutes les années, sauf en 1990, 1992, 1993, 2002, 2003 et 2022, où les conditions de sécheresse des années précédentes ont réduit la production de cultures, ce qui a entraîné des émissions nettes de 5,6, 0,8, 8,2, 6,8, 9,7 et 24 Mt, respectivement. La variabilité interannuelle est observée tout au long de la série chronologique, illustrant les effets liés aux conditions météorologiques sur la production agricole. En particulier, la forte sécheresse qui a sévi dans les prairies en 2021 a provoqué d'importantes émissions provenant des terres cultivées en 2022, car la décomposition du COS indigène n'a pas été compensée par des apports suffisants de résidus de carbone frais, ce qui a entraîné une perte nette de carbone à partir des sols dans l'ensemble des prairies au cours de cette année. En 2023 et 2024, le puits du sol s'est rétabli, entraînant à nouveau des absorptions nettes.

Les absorptions nettes ont augmenté, en moyenne, pour la plupart des années, par suite de l'amélioration des pratiques d'aménagement des sols, notamment dans le travail de conservation du sol, ainsi que d'une augmentation générale et graduelle de la productivité des cultures et d'une diminution de la superficie en jachère d'été et, par conséquent, des apports de carbone dans les sols. En général, les variations sous-jacentes dans les pratiques d'aménagement des terres agricoles dans l'Ouest canadien, comme l'adoption massive de pratiques de conservation du sol, ont orienté l'augmentation des absorptions des Terres cultivées de 1990 à 2006. Toutefois, le carbone présent dans les sols est très sensible aux changements météorologiques et aux variations de rendements qui en découlent. Depuis 2006, une tendance inverse est observée, principalement en raison de la conversion accrue de cultures pérennes en cultures annuelles, qui coïncide avec la réduction du cheptel de bovins au pâturage dans les Prairies, ce qui révèle les liens entre les systèmes de production agricole et le carbone dans le sol (Liang et al., 2020).

Depuis 2005, la diminution des absorptions nettes attribuable à une réduction des terres cultivées pérennes

a en grande partie contrebalancé les absorptions dues à l'augmentation des rendements et, par conséquent, aucune tendance nette n'a pu être identifiée. Les récentes tendances varient en fonction de la production agricole périodiquement élevée et des absorptions maximales subséquentes observées en 2009 (-34 Mt) et en 2014 (-40 Mt). La diminution des émissions associées aux Terres forestières converties en Terres cultivées a également contribué à l'augmentation des absorptions pendant la période de 1990 à 2010, mais les émissions ont ensuite augmenté pour atteindre les niveaux du milieu des années 1990 (voir la section 2.3.4.2).

2.3.4.3.1. Lien entre les émissions agricoles et le carbone des terres cultivées

Dans les écosystèmes agricoles, la culture et le bétail se font concurrence pour la même terre, ce qui nécessite des compromis entre les deux systèmes qui à leur tour affectent les émissions et absorptions de GES ainsi que le carbone du sol. Le Canada déclare les émissions agricoles dans plusieurs secteurs (Agriculture, ATCATF et Énergie) conformément aux exigences de déclaration du GIEC. Une méthode intégrée quant à l'examen des émissions des cultures et du bétail permet de mieux comprendre les tendances (Figure 2–25).

Des années 1990 au milieu des années 2000, une augmentation du cheptel de bovins a fait augmenter de 39 % les émissions du secteur du bétail. Durant la même période, une baisse de la jachère d'été dans les cultures annuelles a fait augmenter l'utilisation d'engrais inorganiques, ce qui a fait augmenter les émissions de 13 %. Toutefois, grâce à un rendement accru et à une meilleure gestion des sols dans les cultures annuelles, le stockage de carbone dans les sols des terres cultivées a fait augmenter le couvert pérenne, et une baisse importante de la conversion des terres (dont la déforestation agricole et la conversion des prairies) a en grande partie compensé ces émissions.

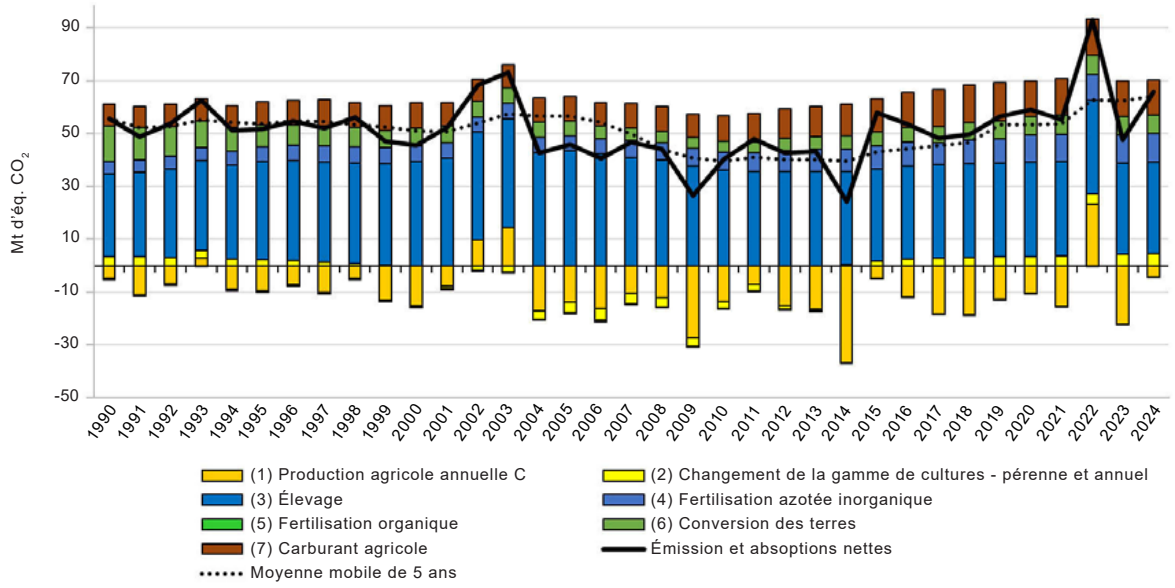
Entre 2005 et 2011, le cheptel de bovins a grandement chuté, ce qui a fait diminuer les émissions de 19 %, qui se sont stabilisées depuis autour de 32 Mt. Durant cette période et jusqu'à aujourd'hui, la conversion du couvert pérenne en cultures annuelles est devenue une source nette de CO_2, renversant ainsi l'effet précédent d'absorption du carbone (un changement de 8,3 Mt). Les émissions découlant de la conversion des terres ont également augmenté de 29 %.

En parallèle, les émissions attribuables à l'utilisation d'engrais inorganiques durant la culture et l'utilisation de combustible à des fins agricoles ont continué d'augmenter graduellement, respectivement de 111 % et de 42 % depuis 2005. Le stockage de carbone découlant des rendements de plus en plus élevés des cultures annuelles n'a affiché aucune tendance évidente depuis 2005; les absorptions de carbone grâce à une meilleure gestion des sols ont quant à elles atteint un plateau.

Étant donné l'incidence du carbone sur le paysage, les émissions nettes découlant des activités agricoles ont en général fluctué autour de 50 Mt depuis 1990 lorsqu'elles sont analysées sous forme de moyenne mobile sur cinq ans. Elles ont atteint un sommet de 93 Mt en 2022 à cause de la grande sécheresse dans les prairies, et un minimum de 24 Mt en 2014 en raison des rendements de cultures élevés qui ont grandement contribué au puits du sol. Les variations interannuelles des flux de carbone dans les sols, causées par les fluctuations du rendement des cultures en raison des conditions météorologiques, compliquent l'interprétation des tendances.

Une analyse des changements historiques du profil d'émission de la production agricole canadienne au fur et à mesure de l'évolution de la gestion des terres depuis 1990, où une source d'émission a augmenté alors qu'une autre a diminué, démontre que l'examen d'une source d'émission individuelle isolée peut fournir des informations incomplètes sur les effets globaux d'un changement donné des pratiques agricoles sur les émissions totales dans un secteur, ce qui étaye la nécessité d'une analyse compréhensive des profils d'émission.

Figure 2–25 **Évaluation intégrée des émissions et absorptions découlant des activités agricoles**



Notes :
Les émissions et les absoptions sont regroupées ici comme suit :
(1) « Production agricole annuelle C » – pratique de travail du sol, résidus de culture, incinération des résidus de culture, la culture de sols organiques, les émissions résiduelles, le chaulage et les applications d'urée (C seul),
(2) « Changement de la gamme de cultures pérennes et annuelles » – changement de la gamme de cultures pérennes à annuelles, et vice versa,
(3) « Élevage » – Fermentation entérique et gestion des fumiers,
(4) « Fertilisation azotée inorganique » – émissions directes et indirectes,
(5) « Fertilisation organique » – émissions directes et indirectes provenant du C et de l'azote des fumiers, de l'azote des biosolides, des pâturages, des grand parcours et des enclos,
(6) « Conversion des terres » – conversion de terres forestières en terres cultivées et de prairies en terres cultivées, et
(7) « Carburant agricole » – émission provenant de l'utilisation de combustible par les véhicules et machines agrociles et de la combustion fixe à la ferme.

2.3.4.4. Autres sources ou puits du secteur ATCATF (émissions de GES en 2024 : 9,7 Mt)

Les autres sources ou puits du secteur ATCATF comprennent les Terres humides, les Établissements et les Prairies, qui ont respectivement contribué à hauteur de 5,4 Mt, de 4,3 Mt et de 1,3 kt à leurs émissions nettes totales de 9,7 Mt déclarées en 2024, en baisse comparativement aux 15 Mt de 1990. Cette diminution à long terme est surtout due à celle des émissions des terres humides converties (terres inondées) au cours de la série chronologique.

La catégorie des Établissements englobe les absorptions dues à la croissance des arbres urbains et les émissions issues des Terres converties en établissements (dont celles de la conversion des terres forestières), de l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux et du changement d'affectation des terres dans le Nord. Les arbres urbains ont absorbé chaque année 4,0 Mt en moyenne depuis 1990. Au cours de cette période, les Terres converties en établissement ont émis en moyenne 9,0 Mt. En 2024, la conversion de terres forestières, de prairies et de terres humides en établissements a respectivement émis 7,9 Mt, 0,31 Mt et 0,14 Mt, ce qui montre à quel point ce type de conversion influe sur les tendances des émissions liées aux terres converties en établissements. Les émissions nettes de la catégorie Établissements se chiffraient à 4,3 Mt en 2024.

La catégorie des Terres humides comprend les émissions imputables aux tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe et aux terres inondées (réservoirs hydroélectriques et autres), et les absorptions imputables aux tourbières touchées par l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux. Les émissions issues de l'extraction de tourbe sont progressivement passées de 0,6 Mt en 1990 à 1,6 Mt en 2024, poussées par la demande incessante pour les produits de tourbe dans l'industrie de l'horticulture. Les émissions issues des terres inondées subissent fortement l'influence des activités antérieures d'aménagement des terres, surtout la construction de grands réservoirs hydroélectriques.

Bien que la majorité de cette construction ait eu lieu avant les années 1990, elle se poursuit. Les terres inondées génèrent de fortes émissions peu après la première inondation, émissions qui se stabilisent par après au fil du temps. Par conséquent, les émissions imputables aux terres inondées sont passées de 9,5 Mt en 1990 à 3,9 Mt en 2024, ce qui reflète l'âge de la plupart des réservoirs. La section 2.3.4.2 explique plus en détail la tendance des émissions provenant des Terres forestières converties en établissements et en terres submergées. Les émissions des tourbières touchées par l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux ont connu une légère augmentation des absorptions depuis 1990, de 0,1 Mt en 2024. Les émissions nettes globales dans les terres humides ont baissé de 10 Mt en 1990 à 5,4 Mt en 2024.

2.3.5. Secteur des Déchets (émissions de GES en 2024 : 23 Mt)

Le secteur des Déchets comprend les émissions de GES provenant du traitement et de l'élimination des déchets liquides et solides. Les émissions de ce secteur ont contribué à hauteur de 23 Mt (3,3 %) aux émissions totales du Canada en 2024, ce qui est comparable au niveau des émissions de 21 Mt en 1990 (3,5 % des émissions totales), et de 23 Mt (3,1 %) en 2005 (Figure 2–26 et Tableau 2–13). En 2024, 19 Mt (ou 85 % des émissions totales du secteur des Déchets) étaient attribuables à l'enfouissement (y compris les sites d'enfouissement des déchets solides municipaux et des déchets de bois industriels), alors que le Traitement biologique des déchets solides (compostage et digestion anaérobie) représentait 0,6 Mt. Quant au Traitement et rejet des eaux usées, il représentait 2,6 Mt et l'Incinération et combustion à l'air libre de déchets (excluant les émissions de CO_2 issues de l'incinération de biomasse), 0,16 Mt.

Figure 2–26 **Tendances dans les émissions canadiennes de GES du secteur des Déchets (de 1990 à 2024)**

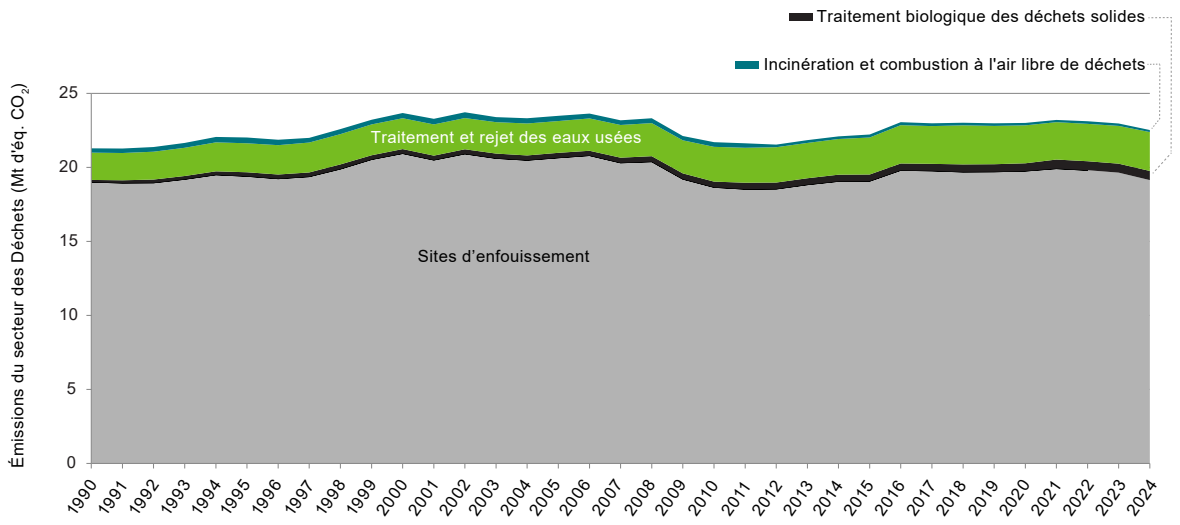


Tableau 2–13 **Émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années**

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
SECTEUR DES DÉCHETS	**21**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**5,8 %**	**-4,1 %**
Sites d'enfouissement municipaux	18	20	19	19	19	19	19	18	1,9 %	-6,0 %
Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	0,91	1,0	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72	0,70	-22 %	-32 %
Traitement biologique des déchets solides	0,15	0,33	0,51	0,51	0,60	0,61	0,61	0,61	309 %	86 %
Incinération et combustion à l'air libre des déchets	0,29	0,35	0,17	0,16	0,15	0,17	0,16	0,15	-49 %	-58 %
Traitement et rejet des eaux usées municipales	1,4	1,7	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	68 %	38 %
Traitement et rejet des eaux usées industrielles	0,41	0,41	0,41	0,37	0,35	0,28	0,24	0,23	-43 %	-44 %

Note : Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.

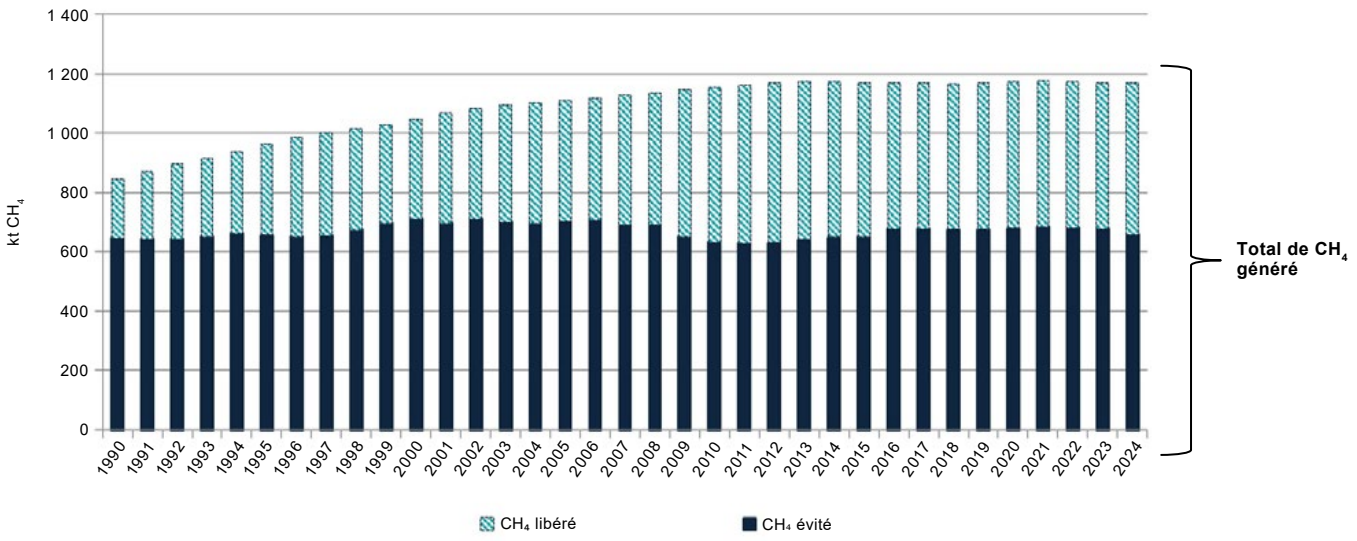
2.3.5.1. Sites d'enfouissement (émissions de GES en 2024 : 19 Mt)

Les émissions de GES des sites d'enfouissement sont libérées dans les gaz d'enfouissement (GE) produits par la décomposition anaérobie des déchets organiques enfouis. Les GE sont surtout composés de CO_2 et de CH_4, bien que seuls les rejets de CH_4 soient déclarés dans le secteur des Déchets. Le taux de production de CH_4 à un site d'enfouissement dépend de plusieurs facteurs, notamment la masse et la composition des déchets enfouis et l'humidité introduite dans le sol par la pluie. La quantité nette de CH_4 rejetée par les sites d'enfouissement dépend davantage de la présence de couvertures oxydantes dans ces sites et du recours aux technologies de captage des GE.

En 2024, les émissions des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux étaient de 18 Mt, tandis que celles des sites d'enfouissement de déchets de bois étaient de 0,70 Mt. Les émissions des sites d'enfouissement municipaux ont augmenté de 2 % de 1990 à 2025 et ont diminué de 6 % de 2005 à 2024. Les émissions des sites d'enfouissement de déchets de bois ont diminué de 22 % de 1990 à 2024 et de 32 % de 2005 à 2024.

La quantité de CH_4 produite par les sites d'enfouissement municipaux a augmenté depuis 1990, principalement à cause du dépôt accru de déchets avec le temps, mais est demeurée stable depuis environ 2015. La récupération du méthane en 2024 excédait celle en 1990 par un facteur 3,5, mais elle a diminué depuis le sommet atteint en 2012. En 2024, 37 % des GE produits dans les sites d'enfouissement ont été récupérés au moyen de technologies de captage des GE, comparativement à 15 % en 1990 (Figure 2–27).

Figure 2–27 **Méthane produit, évité et rejeté par les sites d'enfouissement de DSM**



Note : Le CH_4 évité représente la quantité de CH_4 qui n'est pas rejetée du site d'enfouissement parce qu'elle est capturée (et soit torchée ou exploitée), et/ou oxydée lorsqu'elle traverse la couverture du site d'enfouissement.

2.3.5.2. Autres sources de déchets (émissions de GES en 2024 : 3,4 Mt)

Au fil de la série chronologique de 1990 à 2024, les émissions attribuables aux sous-catégories du Traitement biologique des déchets solides (digestion anaérobie et compostage), du Traitement et rejet des eaux usées (traitement des eaux usées municipales et industrielles), et de l'Incinération et combustion à l'air libre de déchets ont augmenté collectivement de 20 % (Figure 2–26 et Tableau 2–13).

Une augmentation des émissions causées par le Traitement et rejet des eaux usées reflète l'augmentation de la population canadienne. Quant à la baisse des émissions totales produites par l'incinération (de DSM, de boues d'épuration, de déchets dangereux et de déchets cliniques), elle est principalement attribuable à la fermeture d'incinérateurs de DSM vétustes.

Depuis 1990, un grand nombre de municipalités canadiennes disposent d'installations de compostage centralisées dans le but de réduire la quantité de matières organiques envoyées dans les sites d'enfouissement. Cette pratique a contribué à la croissance des émissions dans la catégorie Traitement biologique des déchets solides.

2.4. Émissions par secteur économique canadien

Dans le présent rapport, les estimations d'émissions sont principalement regroupées en fonction des secteurs d'activités définis par le GIEC (section 2.3). Tout en étant conforme aux exigences de déclaration, le classement des émissions en fonction des secteurs économiques est plus approprié à une analyse des tendances et des politiques par rapport à une activité économique en particulier (p. ex., la production d'électricité, l'exploitation d'une entreprise agricole ou la conduite d'une voiture). Dans cette section, les émissions sont regroupées selon les secteurs économiques canadiens suivants : Pétrole et gaz, Électricité, Transports, Industrie lourde, Bâtiments, Agriculture, et Déchets et autres (Tableau 2–14).

Cette réallocation reclasse simplement les émissions sous différentes rubriques, mais ne change pas l'ampleur globale des estimations des émissions canadiennes. Elle tient compte de la proportion pertinente des émissions attribuables à diverses catégories du GIEC, afin de créer un profil complet des émissions pour un secteur économique précis. L'examen des émissions canadiennes de GES antérieures par secteur économique permet de mieux comprendre le lien existant entre les activités économiques et les émissions de GES à des fins d'analyse publique et d'analyse des tendances et des politiques. Par exemple, le secteur des Transports comprend les émissions des voitures, camions, trains, aéronefs et navires pour le déplacement de personnes et aussi les émissions des camions lourds et d'autres véhicules commerciaux pour le déplacement de marchandises. Contrairement à la catégorisation du GIEC, le secteur économique des Transports ne comprend pas les émissions attribuables au transport hors route lié à l'agriculture, à l'exploitation minière, à la construction, à la foresterie, aux pipelines ou à d'autres activités industrielles, qui sont allouées aux secteurs économiques correspondants. De plus, s'il y avait une tendance à la hausse des activités agricoles ou minières, les émissions provenant de l'utilisation accrue de la machinerie agricole mobile ou des tombereaux de chantiers se refléteraient dans les estimations des secteurs économiques de l'Agriculture ou de l'Industrie lourde (exploitation minière).

Une série de tableaux qui illustrent la répartition des émissions nationales par secteur économique canadien pour toute la série chronologique (de 1990 à 2024), ainsi que la relation entre les secteurs économiques et les secteurs du GIEC pour la dernière année de données se trouvent dans le dossier Secteurs Économiques du site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada[12]. Des tableaux semblables pour les provinces et les territoires se trouvent dans le même dossier. Chaque secteur économique canadien comprend toutes les émissions résultant de procédés liés à l'énergie et non liés à l'énergie. En particulier :

- le secteur Pétrole et gaz englobe tous les GES émis pendant l'extraction, la distribution, le raffinage et la valorisation des produits pétroliers et gaziers;
- le secteur de l'Électricité englobe toutes les émissions produites par les services publics et le transport d'électricité pour les utilisateurs résidentiels, industriels et commerciaux;
- le secteur des Transports englobe toutes les émissions provenant des tuyaux d'échappement des véhicules utilisés pour le transport national de passagers et de marchandises;
- le secteur de l'Industrie lourde englobe toutes les émissions produites par l'exploitation minière des minerais métalliques et des minerais non métalliques, la fonte et l'affinage, la production et la transformation des biens industriels, comme le papier ou le ciment, et la fabrication de biocombustibles;
- le secteur des Bâtiments englobe les émissions produites directement par les bâtiments résidentiels et commerciaux;
- le secteur de l'Agriculture englobe toutes les émissions produites par les activités agricoles, y compris celles liées à la consommation d'énergie par la machinerie agricole ainsi que celles de substances autres que le CO_2 liées aux productions végétales et à l'élevage;
- le secteur des Déchets et autres englobe les émissions produites par les déchets solides et liquides et par l'incinération des déchets ainsi que les émissions provenant de la production de charbon, des activités de l'industrie légère, de la construction et de l'exploitation forestière.

12 https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory?lang=fr

2.4.1. Tendances des émissions par secteur économique canadien

Dans l'ensemble, les tendances des émissions de GES depuis 2005 n'ont pas changé par rapport à celles décrites pour les secteurs du GIEC, soit une augmentation des émissions dans les secteurs économiques Pétrole et gaz (10 Mt ou 5,1 %) et Agriculture (3,6 Mt ou 5,4 %), compensée par une diminution dans d'autres secteurs, notamment Électricité (-66 Mt ou -57 %), mais aussi Industrie lourde, Déchets et autres, et Bâtiments. De 2005 à 2020, les émissions du secteur des Transports ont généralement augmenté. Après une baisse notable en 2020, les émissions de ce secteur ont augmenté avant de se stabiliser à des niveaux inférieurs à ceux de 2005 au cours des dernières années.

Pétrole et gaz

En 2024, le secteur du Pétrole et du gaz a été responsable de la plus grande part des émissions de GES au Canada (30 %) (Figure 2–28). Entre 1990 et 2024, les émissions attribuables à ce secteur ont augmenté de 89 Mt (76 %). Bien que les fluctuations dues aux conditions économiques (p. ex., prix du pétrole brut et du gaz naturel) aient entraîné des augmentations et des diminutions à court terme des émissions entre 1990 et 2024, les émissions de ce secteur ont généralement augmenté de façon constante, passant de 118 Mt en 1990 pour atteindre un maximum de 230 Mt en 2014. La plus grande partie de l'augmentation observée entre 1990 et 2024 est attribuable à une hausse considérable de l'exploitation des sables bitumineux au Canada. Depuis 1990, la production des sables bitumineux a augmenté de plus de 900 % et les émissions ont subi une hausse de plus de 77 Mt (environ 530 %). De 2014 à 2019, les émissions étaient relativement stables, malgré une certaine variabilité interannuelle en raison des conditions économiques et des feux de forêt de 2016 qui ont affecté la production de sables bitumineux dans la région de Fort McMurray en Alberta. Cette période a été suivie d'une diminution importante de 15 Mt (6,8 %) entre 2019 et 2024. Cette diminution des émissions coïncide avec l'adoption du règlement fédéral visant à réduire les émissions de méthane dans l'industrie pétrolière et gazière en amont, qui est entré en vigueur le 1er janvier 2020, et de règlements provinciaux équivalents en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique. Les émissions du Pétrole et gaz ont augmenté de 10 Mt ou 5,1 % depuis 2005. La section 2.3 et l'encadré « Tendances dans le secteur pétrolier et gazier » discutent plus en détail les causes historiques des émissions dans le secteur.

Transports

Le secteur des Transports, au deuxième rang des secteurs qui contribuent le plus aux émissions de GES du Canada, était responsable de 22 % des émissions totales en 2024 (Figure 2–28). Entre 1990 et 2024, ses émissions ont augmenté de 34 Mt (29 %). De 1990 à 2020, elles ont augmenté graduellement, à l'exception d'une importante diminution observée de 2019 à 2020, largement attribuable à une baisse du nombre de kilomètres parcourus durant la première année de la pandémie de COVID-19. Les émissions du secteur des Transports se sont stabilisées au cours des dernières années; en 2024, elles sont légèrement inférieures aux niveaux de 2005 (4,8 Mt ou 3,1 % depuis 2005). La section 2.3 présente une analyse des principaux facteurs des tendances des émissions passées associées au transport de personnes et de marchandises.

Électricité

En 2024, le secteur de l'Électricité (en excluant la cogénération industrielle et commerciale) a contribué dans une proportion de 7,2 % aux émissions totales canadiennes (Figure 2–28). Entre 1990 et 2024, les émissions ont diminué de 45 Mt (47 %). Les émissions associées à ce secteur ont augmenté parallèlement à la hausse de la demande d'électricité au pays et pour les exportations vers les États-Unis au début de la période de déclaration, mais ont diminué considérablement au cours des dernières années. Les émissions du secteur de l'Électricité ont diminué de 66 Mt ou 57 % depuis 2005, malgré une hausse de 7 % de la demande. La section 2.3 propose une analyse des principaux facteurs des tendances des émissions passées associées à la production d'électricité.

Industrie lourde

Les émissions associées au secteur de l'Industrie lourde étaient responsables de 16 % des émissions canadiennes en 1990, diminuant à 11 % en 2024 (Figure 2–28). Elles ont subi certaines variations et des baisses globales au cours de la période de déclaration, et similairement à d'autres secteurs de l'économie, une baisse notable lors de la récession de 2008-2009. Elles ont connu une baisse de 20 Mt (21 %) entre 1990 et 2024, et de 11 Mt (13 %) entre 2005 et 2024. Plus récemment, les émissions ont continué à diminuer à cause du ralentissement économique et de l'évolution continue de la production canadienne vers d'autres secteurs et services.

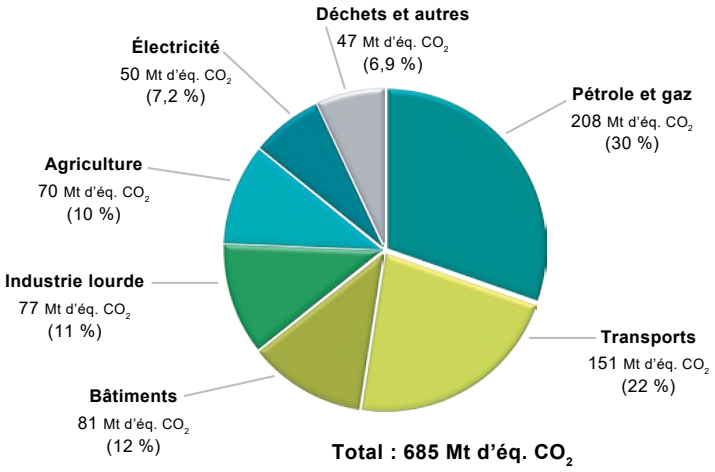
Bâtiments

En 2024, le secteur des Bâtiments a contribué à hauteur de 12 % aux émissions totales au Canada (Figure 2–28). Les émissions attribuables à l'utilisation résidentielle de combustible ont diminué de 6,0 Mt (14 %) depuis 1990, mais elles ont été compensées par une augmentation des émissions de 16 Mt (58 %) dans les industries de service. Depuis 2005, les émissions du secteur des Bâtiments ont diminué de 3,3 Mt ou 3,8 %. Les émissions de GES associées au secteur des Bâtiments ont fluctué durant toute la série chronologique, mais sont demeurées relativement stables depuis 2005 malgré la croissance démographique et le développement commercial.

Agriculture et Déchets et autres

Les émissions dans le secteur de l'Agriculture ont graduellement poursuivi leur tendance à la hausse durant toute la période de déclaration, passant de 51 Mt en 1990 à 66 Mt en 2005 et 70 Mt en 2024 (Figure 2–28). Les émissions du secteur des Déchets et autres ont diminué de 10 Mt (17 %) depuis 1990 et de 6,4 Mt (12 %) depuis 2005. Dans l'ensemble, les émissions des Déchets ont fluctué et légèrement augmenté tout au long de la série chronologique, passant de 21 Mt en 1990 à 23 Mt en 2024. La section 2.3 présente les principaux facteurs influençant les tendances des émissions passées associées aux secteurs de l'Agriculture et des Déchets.

Figure 2–28 **Répartition des émissions de GES du Canada par secteur économique (2024)**



Note : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau 2–14 **Tendances des émissions de GES par secteur économique canadien**

Secteur économique	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)									
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024	1990–2024	2005–2024
TOTAL NATIONAL	**608**	**763**	**748**	**681**	**691**	**696**	**687**	**685**	**13 %**	**-10 %**
Pétrole et gaz	**118**	**198**	**223**	**203**	**209**	**206**	**204**	**208**	**76 %**	**5,1 %**
Industrie du pétrole et du gaz en amont	**97**	**174**	**203**	**185**	**191**	**187**	**185**	**188**	**93 %**	**8,5 %**
Production et traitement du gaz naturel	38	75	61	58	59	54	52	52	36 %	-31 %
Production de pétrole classique	33	53	48	36	35	33	32	34	3,6 %	-37 %
Production de pétrole léger classique	19	22	29	22	20	20	19	20	10 %	-5,0 %
Production de pétrole lourd classique	14	30	17	13	13	12	12	12	-15 %	-61 %
Production de pétrole des régions pionnières	0,26	1,7	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,6	517 %	-3,3 %
Sables bitumineux et production de pétrole lourd thermique	15	33	84	82	87	88	89	92	529 %	177 %
Exploitation minière et extraction	2,8	6,9	17	16	17	17	17	18	533 %	162 %
Extraction thermique in situ	4,0	10	43	42	46	47	48	49	1122 %	409 %
Valorisation	7,8	17	24	24	24	24	24	25	225 %	51 %
Transport du pétrole, du gaz naturel et du CO_2	12	12	10	8,9	10	11	11	11	-7,3 %	-8,8 %
Industrie du pétrole et du gaz en aval	**21**	**24**	**20**	**18**	**19**	**19**	**19**	**19**	**-7,6 %**	**-20 %**
Raffinage du pétrole	19	22	19	17	18	18	18	18	-4,6 %	-18 %
Distribution du gaz naturel	1,6	1,7	1,0	1,0	1,0	0,94	0,91	0,89	-44 %	-46 %
Électricité	**94**	**116**	**62**	**54**	**52**	**49**	**51**	**50**	**-47 %**	**-57 %**
Transports	**118**	**156**	**169**	**141**	**147**	**153**	**152**	**151**	**29 %**	**-3,1 %**
Transport de passagers	**80**	**96**	**104**	**83**	**86**	**92**	**93**	**93**	**15 %**	**-3,5 %**
Voitures, camions légers et motocyclettes	71	85	90	75	77	79	80	80	13 %	-5,5 %
Transport par autobus, par train, maritime et aérien	9,5	11	13	8,3	8,7	12	13	13	33 %	12 %
Transport de marchandises	**29**	**47**	**51**	**45**	**47**	**48**	**46**	**45**	**55 %**	**-3,3 %**
Camions lourds, trains	25	42	46	41	43	44	42	42	66 %	-1,0 %
Transport aérien et transport maritime	4,0	4,5	4,3	4,5	4,3	3,5	3,3	3,4	-16 %	-24 %
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	**8,2**	**14**	**15**	**13**	**14**	**14**	**14**	**14**	**66 %**	**0,3 %**
Industrie lourde	**98**	**89**	**80**	**77**	**79**	**80**	**79**	**77**	**-21 %**	**-13 %**
Exploitation minière	**7,8**	**8,8**	**11**	**11**	**11**	**12**	**10**	**10**	**33 %**	**17 %**
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	**17**	**14**	**10**	**10**	**10**	**10**	**11**	**10**	**-45 %**	**-33 %**
Pâtes et papiers	**15**	**9,0**	**8,2**	**7,2**	**7,4**	**7,5**	**7,3**	**6,6**	**-56 %**	**-26 %**
Sidérurgie	**17**	**16**	**15**	**13**	**15**	**14**	**14**	**15**	**-12 %**	**-10 %**
Ciment	**10**	**13**	**11**	**11**	**11**	**10**	**11**	**10**	**1,8 %**	**-18 %**
Chaux et gypse	**2,9**	**3,5**	**2,3**	**2,2**	**2,2**	**2,5**	**2,2**	**2,2**	**-25 %**	**-38 %**
Produits chimiques, engrais et fabrication de biocombustibles	**28**	**24**	**22**	**23**	**23**	**23**	**23**	**24**	**-14 %**	**-1,3 %**
Bâtiments	**72**	**85**	**94**	**88**	**85**	**88**	**83**	**81**	**14 %**	**-4 %**
Industrie des services	**28**	**40**	**50**	**47**	**45**	**46**	**44**	**43**	**58 %**	**9 %**
Résidentiel	**44**	**45**	**44**	**41**	**40**	**42**	**38**	**38**	**-14 %**	**-15 %**
Agriculture	**51**	**66**	**69**	**70**	**70**	**70**	**69**	**70**	**37 %**	**5 %**
Utilisation de combustibles à la ferme	**8,2**	**9,4**	**15**	**13**	**14**	**14**	**14**	**13**	**63 %**	**42 %**
Cultures	**9,5**	**11**	**17**	**19**	**18**	**18**	**19**	**19**	**105 %**	**83 %**
Élevage	**33**	**46**	**38**	**38**	**38**	**38**	**37**	**37**	**11 %**	**-20 %**
Déchets et autres	**57**	**54**	**51**	**48**	**49**	**50**	**49**	**47**	**-17 %**	**-12 %**
Déchets	**21**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**	**6,0 %**	**-3,9 %**
Production de charbon	**4,7**	**2,9**	**3,4**	**2,8**	**3,0**	**3,0**	**3,2**	**2,8**	**-39 %**	**-3,8 %**
Industrie manufacturière légère, construction et exploitation forestière	**31**	**27**	**25**	**22**	**23**	**24**	**23**	**22**	**-30 %**	**-19 %**

Notes :

Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.

Pour voir la répartition entre les secteurs économiques et ceux du GIEC, consulter le tableau de la Relation entre les émissions de GES par secteur économique du Canada et par secteur du GIEC qui se trouve dans le dossier des secteurs économiques sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada.

Toutes les estimations des émissions par secteur économique à l'échelle des provinces et des territoires se trouvent sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada.
Les estimations présentées ici sont constamment améliorées. Les émissions antérieures pourront faire l'objet de changements dans les publications futures, à mesure que de nouvelles données deviendront accessibles et que des méthodes et des modèles seront mis au point et améliorés.

Tendances dans le secteur pétrolier et gazier

Les émissions du secteur économique du Pétrole et gaz du Canada comprennent le torchage, l'évacuation, les fuites accidentelles, les émissions des procédés industriels et toutes les émissions liées à la combustion (sources de combustion fixes, transport hors route, production d'électricité et de vapeur par les services publics et les industries), à l'exclusion du CO_2 capté, pour brosser un profil complet des émissions de l'industrie.

En 2024, les émissions de l'industrie du Pétrole et gaz sont principalement imputables à la catégorie des Sables bitumineux et production de pétrole lourd thermique[13] (92 Mt ou 44 %), suivie de la Production et traitement du gaz naturel (52 Mt ou 25 %), de la Production de pétrole classique (34 Mt ou 16 %) et du Raffinage du pétrole (18 Mt ou 9 %). Les principaux facteurs responsables des émissions dans le secteur pétrolier et gazier sont la croissance de la production et l'intensité des émissions (définies comme la quantité moyenne d'émissions de GES générées par un baril équivalent de pétrole).

Croissance de la production

De 1990 à 2024, la production de pétrole brut total a fait un bond de 221 %. Cette augmentation est presque entièrement attribuable à l'exploitation des sables bitumineux (exploitation de mines, extraction thermique sur place et valorisation de bitume naturel). Au Canada, la production totale issue des sables bitumineux (production de bitume non valorisé et de pétrole brut synthétique) s'étant amplifiée de plus de 900 % depuis 1990, ce qui représente 76 % de la croissance totale de la production de pétrole brut. En cohérence avec la production accrue, les émissions imputables aux sables bitumineux ont augmenté de 71 Mt (environ 510 %). À titre de comparaison, la production de pétrole brut classique (y compris l'extraction primaire dans des régions désignées comme des régions de sables bitumineux) a augmenté de 38 % au cours de la même période, mais les émissions de la Production de pétrole classique ont récemment diminué à des niveaux semblables à ceux de 1990.

Les émissions de la Production et traitement du gaz naturel ont augmenté de 14 Mt (36 %) depuis 1990, ce qui correspond à une hausse de 66 % des volumes totaux de production. La majeure partie de cette hausse, qui représente 74 % de la croissance de la production nationale, a été enregistrée dans le nord-est de la Colombie-Britannique.

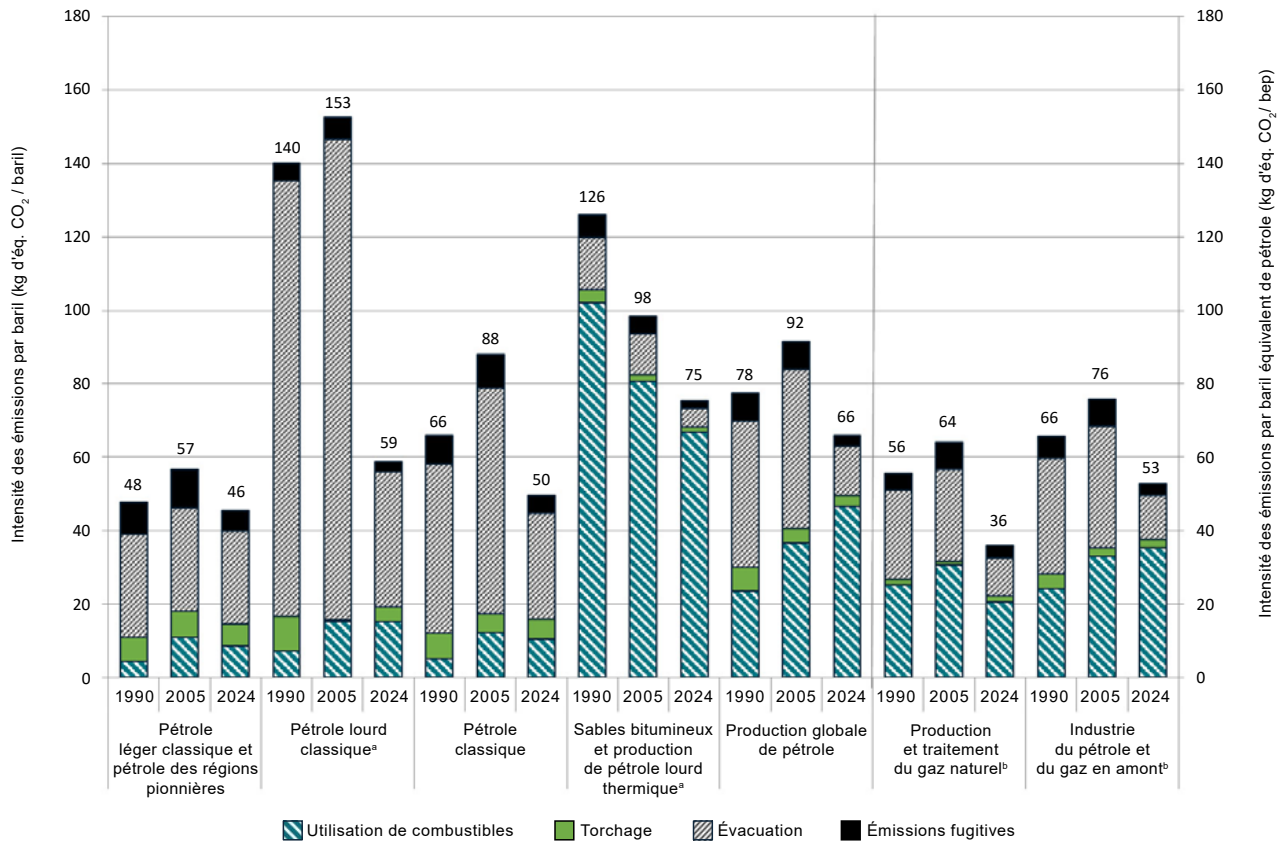
Intensité des émissions

L'intensité des émissions attribuables à la production globale de pétrole au Canada a diminué d'environ 15 % entre 1990 et 2024, passant de 78 à 66 kg d'éq. CO_2 par baril (Figure 2–B), la diminution la plus notable, de 28 %, ayant eu lieu depuis 2014, où l'intensité était de 92 kg d'éq. CO_2 par baril. Les facteurs ayant contribué à cette tendance comprennent une réduction des réserves facilement exploitables de pétrole brut, qui s'accompagne d'une dépendance croissante envers les réserves qui nécessitent des méthodes d'extraction plus intensives en énergie et en GES. Ces sources comprennent notamment le pétrole brut et le bitume naturel plus difficiles à extraire, entre autres, ceux des réserves nécessitant des méthodes de récupération assistée, telles que le drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV). L'utilisation accrue de puits horizontaux et de techniques de fracturation à plusieurs étapes contribue aussi à augmenter les émissions et la quantité d'énergie nécessaire pour les activités de forage et de complétion des puits. Les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles ont augmenté de presque 100 % par baril de pétrole extrait (de 24 kg d'éq. CO_2 par baril en 1990 à 47 kg d'éq. CO_2 par baril en 2024), ce qui indique une augmentation de la production dans les sables bitumineux qui demande de grandes quantités de vapeur, laquelle est généralement produite par combustion de gaz naturel.

Bien que la production croissante de pétrole extrait des sables bitumineux du Canada ait le plus influé sur l'intensité des émissions de la production de pétrole dans son ensemble, l'intensité des émissions attribuables à l'exploitation des Sables bitumineux et production de pétrole lourd thermique a diminué de façon constante de 1990 (126 kg d'éq. CO_2 par baril) jusqu'en 2024 (75 kg d'éq. CO_2 par baril). L'intensité des émissions découlant de l'exploitation des sables bitumineux est en déclin constant étant donné que l'industrie a réduit ses besoins en matière d'utilisation de combustibles pour chaque baril de pétrole extrait. Les émissions d'évacuation pour chaque baril extrait aux installations d'extraction thermique de bitume in situ ont également diminué à la suite de la mise en place de la Directive 060 de l'Alberta. De plus, la production accrue de bitume naturel sans recours à l'étape supplémentaire de traitement pour la transformation en pétrole brut synthétique (PBS) a également contribué à la diminution de l'intensité de l'ensemble des émissions. Cette situation s'est surtout vérifiée depuis 2010, alors que la production de bitume non valorisé a augmenté de plus de 200 % et que la production de pétrole brut synthétique a seulement augmenté de 50 %. L'énergie supplémentaire nécessaire pour traiter le bitume naturel (ainsi que les émissions qui en résultent) est dépensée en aval, dans les raffineries des marchés étrangers où le bitume est traité. Depuis 2015, près de 10 Mt des émissions de CO_2 produites par l'usine de valorisation de Scotford ont été captées et transportées à un site d'entreposage sous-terrain, contribuant ainsi à la réduction de l'intensité des émissions des sables bitumineux.

13 La catégorie des Sables bitumineux et production de pétrole lourd thermique comprend l'exploitation et l'extraction des sables bitumineux, la valorisation du bitume naturel et du pétrole lourd, et l'extraction thermique in-situ du bitume naturel et du pétrole lourd ayant lieu en Alberta et en Saskatchewan.

Figure 2–B **Intensité des émissions selon le type de source du Pétrole et gaz (1990, 2005 et 2024)**



Notes :

L'intensité est basée sur les émissions totales des sous-secteurs et les quantités pertinentes de production. Elle correspond à une moyenne globale, et non aux intensités des émissions issues d'installations précises.

a. Les émissions et la production associées à l'extraction primaire de bitume brut dans les zones désignées de sables bitumineux (c.-à-d. Athabasca, Cold Lake, Peace River) sont incluses dans le Pétrole lourd classique.

b. Calculé sur la base d'un baril d'équivalent pétrole (bep). Cet équivalent est obtenu en convertissant les volumes de production de gaz naturel et de pétrole brut en unités énergétiques, puis en divisant le résultat par la teneur énergétique du pétrole brut léger (6.1215 GJ/bbl).

(1 baril = 0.159 m^3)

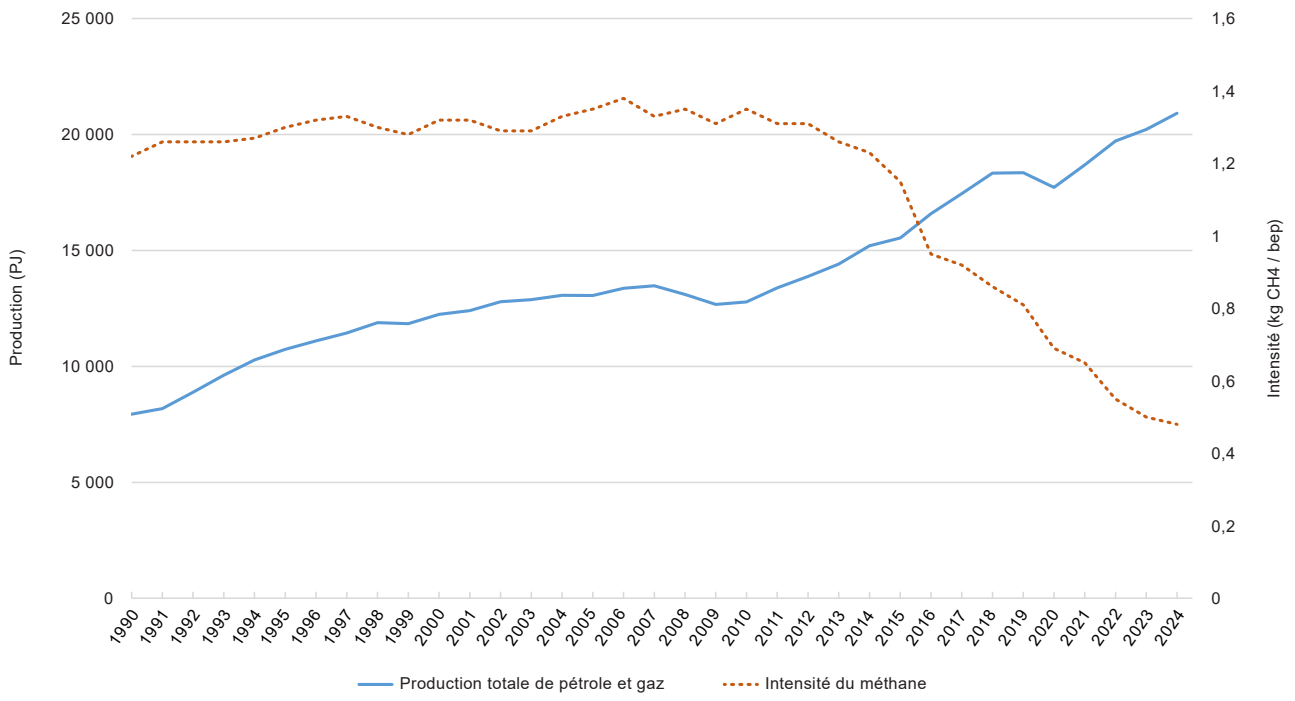
Données de production = Gaz naturel: Statistique Canada (1990–); Pétrole: NB NRED (2024), SK MER (1990–2008, 2009–2011, 2012–), StatCan (n.d.[d], n.d.[h]); Sables bitumineux et pétrole lourd thermique : AER (s.d.), Cenovus (2021-), Petrinex (s.d.).

Contrairement aux émissions provoquées par la combustion, les émissions d'évacuation, de torchage et les émissions fugitives par baril de pétrole extrait ont respectivement diminué de 66 %, 56 % et 59 % depuis 1990. Ces réductions sont en partie attribuables à l'augmentation de la production de sables bitumineux et de pétrole lourd thermique, qui produit beaucoup moins d'émissions fugitives par baril que la production de pétrole classique. Cette transition ressort spécialement depuis 2005, où la production classique de pétrole lourd à froid a diminué d'environ 17 %,ce qui coïncide avec l'adoption de techniques de production à intensité de méthane réduite comme le DGMV dans les régions productrices de pétrole lourd (dont la région des sables bitumineux), et l'accroissement de la production thermique in situ en Alberta et en Saskatchewan, qui a crû de près de 470 % dans son ensemble.

La réduction des émissions de méthane découle également d'initiatives telles que la *Directive 60* de l'Alberta (AER, 2014), les lignes directrices de la Colombie-Britannique intitulées *Flaring and Venting Reduction Guideline* (BCOGC, 2015), la *Directive S-10* de la Saskatchewan et le manuel intitulé *Best Management Practice for Fugitive Emissions* (ACPP, 2007) de l'Association canadienne des producteurs de pétrole (ACPP). Plus récemment, le règlement fédéral visant à réduire les émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier en amont (ECCC, 2018) et le règlement provincial équivalent en Alberta (AB, 2018; ECCC, 2020a), en Colombie-Britannique (BC, 2021; ECCC, 2020b) et en Saskatchewan (SK, 2020; ECCC, 2020c), qui sont tous entrés en vigueur le 1er janvier 2020, ont y également eu un effet.

Ces facteurs ont collectivement contribué à une diminution de 63 % de l'intensité en méthane de la production totale de pétrole et de gaz (Figure 2–C) depuis 2012. Au cours de la même période, la production totale de pétrole et de gaz au Canada a augmenté de 51 %. En fait, depuis 2012, les efforts déployés dans les trois principales provinces productrices de pétrole et de gaz (Alberta, Colombie-Britannique et Saskatchewan) ont entraîné une diminution de l'intensité des émissions de méthane. En Alberta, l'intensité du méthane a diminué de 63 %, tandis que la production a augmenté de 45 %. De même, en Colombie-Britannique, l'intensité a diminué de 81 % alors que la production a augmenté de 140 %. En Saskatchewan, l'intensité de méthane (-43 %) et la production (-9 %) ont toutes deux diminué depuis 2012. Cela démontre que les efforts de l'industrie et des organismes de réglementation ont eu un impact positif sur l'intensité des émissions, ce qui exerce une pression à la baisse sur les niveaux d'émission tout en réduisant la pression à la hausse exercée par l'augmentation de la production.

Figure 2–C **Intensité des émissions de méthane (CH_4) par rapport à la production totale de pétrole et de gaz, Canada**



Notes :
bep = baril équivalent pétrole; calculé en convertissant les volumes de production en base énergétique et en les divisant par le contenu énergétique du pétrole brut léger (6,1215 GJ/bbl).
[1 baril (bbl) = 0,159 m^3]

ÉNERGIE (SECTEUR 1 DES TCD)

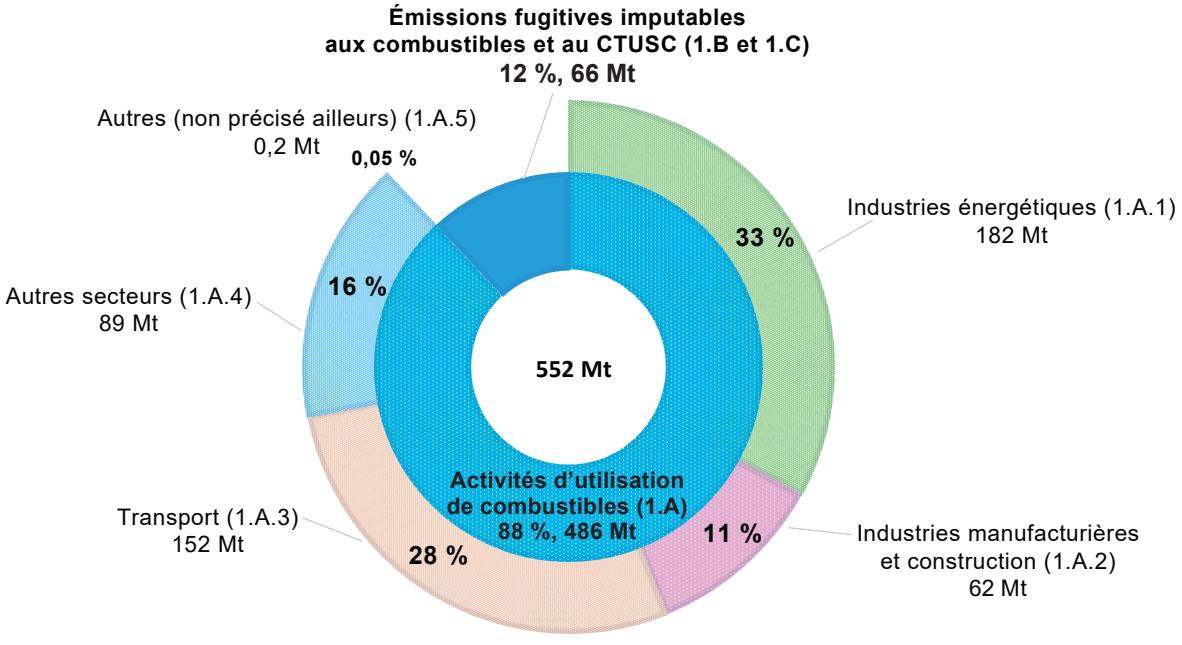
3.1.	Aperçu	88
	Items pour mémoire et attribution des émissions	91
3.2.	Activités d'utilisation de combustibles (catégorie 1.A des TCD)	93
3.3.	Émissions fugitives (catégorie 1.B des TCD)	108
3.4.	Transport et stockage du CO_2 (catégorie 1.C des TCD)	120
3.5.	Items de mémo (catégorie 1.D des TCD)	124

3.1. Aperçu

En 2024, le secteur de l'Énergie a produit 552 Mt d'éq. CO_2, soit 81 % des émissions totales de GES du Canada (Figure 3–1 et Tableau 3–1). Ce secteur comprend les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4) et d'oxyde nitreux (N_2O) provenant de toutes les activités d'utilisation de combustibles, des sources fugitives, ainsi que des fuites de CO_2 associées aux activités de captage, de transport, d'utilisation et de stockage du carbone (CTUSC)[1].

La combustion de biomasse et de combustibles fossiles a émis 486 Mt (88 %) des GES du secteur de l'Énergie, les 66 Mt restantes (12 %) étant dues aux émissions fugitives provenant de l'industrie des combustibles fossiles et du CTUSC. Les sources d'émissions produites par l'utilisation de combustibles se divisent en cinq catégories présentées à la Figure 3–1 : les Industries énergétiques, les Industries manufacturières et construction, les Transports, les Autres secteurs et les Autres. Des précisions sur ces catégories sont données dans leurs sections respectives, à savoir les sections 3.2.1 à 3.2.5.

Figure 3–1 **Contribution des émissions du secteur de l'Énergie par catégorie en 2024**



Note : CTUSC = Captage, transport, utilisation et stockage du carbone

1 Les émissions issues de l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques sont attribuées au secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits.

Les émissions fugitives provenant de l'industrie des combustibles fossiles sont des rejets de GES intentionnels (p. ex. rejets internes aux opérations, évacuation dans le cadre des procédés) ou involontaires (p. ex. fuites, accidents) découlant des activités de production, de traitement, de transport et de stockage. La catégorie des Émissions fugitives comprend les émissions issues du torchage par l'industrie du pétrole et du gaz, puisque cette activité ne produit ni chaleur utile ni travail mécanique (GIEC, 2006). Se reporter à la section 3.3.

Actuellement, le CO_2 capté dans le cadre d'activités industrielles est transporté pour servir à la récupération assistée des hydrocarbures (RAH) ou injecté à des fins de stockage à long terme. La section 3.4 comporte des précisions sur les volumes captés et les émissions associées au CTUSC.

Tableau 3–1 **Aperçu des émissions de GES du secteur de l'Énergie, certaines années**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Secteur de l'Énergie – TOTAL	**488 000**	**626 000**	**616 000**	**549 000**	**558 000**	**563 000**	**554 000**	**552 000**
Activités d'utilisation de combustibles (1.A)	**422 000**	**526 000**	**530 000**	**475 000**	**484 000**	**495 000**	**488 000**	**486 000**
Industries énergétiques (1.A.1)	143 000	206 000	191 000	178 000	181 000	179 000	181 000	182 000
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	74 600	68 200	68 500	62 300	64 200	65 600	63 600	62 400
Transport (1.A.3)	118 000	157 000	167 000	140 000	146 000	154 000	153 000	152 000
Autres secteurs (1.A.4)	86 000	94 200	103 000	95 300	92 700	96 300	90 800	89 400
Autres (non précisé ailleurs) (1.A.5)	260	290	260	210	220	220	210	230
Émissions fugitives imputables aux combustibles (1.B)	**66 000**	**100 000**	**85 000**	**74 000**	**74 000**	**68 000**	**66 000**	**66 000**
Transport et stockage du CO_2 (1.C)	**I**	**0,09**	**0,28**	**0,49**	**0,65**	**0,64**	**0,65**	**0,65**

Notes :
I = Inexistant
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

3.1.1. Recalculs

Les émissions de GES dans le secteur de l'Énergie ont fait l'objet d'un recalcul en raison des améliorations continues apportées à la méthodologie et de la révision des données sur les activités; se reporter au Tableau 3–2. Un aperçu des améliorations est présenté ci-dessous; les sections suivantes du Chapitre 3 expliquent en quoi les activités ont entraîné ces recalculs. Un sommaire des recalculs dans tous les secteurs est présenté au Chapitre 8.

Tableau 3–2 **Sommaire des recalculs pour le secteur de l'Énergie, certaines années**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Secteur de l'Énergie – TOTAL								
Soumission précédente (RIN 2025)	487 000	623 000	615 000	616 000	552 000	562 000	568 000	562 000
Soumission actuelle (RIN 2026)	488 000	626 000	616 000	616 000	549 000	558 000	563 000	554 000
Changement dans les émissions	740	3 100	770	-240	-2 930	-3 940	-5 150	-8 510
	0,15 %	0,50 %	0,12 %	-0,04 %	-0,53 %	-0,70 %	-0,91 %	-1,5 %
Utilisation de combustibles (1.A)								
Soumission précédente (RIN 2025)	422 000	525 000	527 000	532 000	477 000	487 000	498 000	494 000
Soumission actuelle (RIN 2026)	422 000	526 000	527 000	530 000	475 000	484 000	495 000	488 000
Changement dans les émissions	520	910	-750	-1 340	-1 730	-2 980	-3 160	-5 610
	0,12 %	0,17 %	-0,14 %	-0,25 %	-0,36 %	-0,61 %	-0,63 %	-1,1 %
Sources fugitives (1.B) et Transport et stockage du CO_2 (1.C)								
Soumission précédente (RIN 2025)	66 000	98 000	88 000	84 000	75 000	75 000	70 000	69 000
Soumission actuelle (RIN 2026)	66 000	100 000	89 000	85 000	74 000	74 000	68 000	66 000
Changement dans les émissions	220	2 180	1 520	1 100	-1 200	-950	-1 980	-2 910
	0,33 %	2,2 %	1,7 %	1,3 %	-1,6 %	-1,3 %	-2,8 %	-4,2 %

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

De manière générale, les recalculs ont entraîné une révision à la baisse de 8,51 Mt par rapport à la valeur présentée à la CCNUCC en 2025 pour 2023. Les recalculs sont regroupés comme suit :

Données sur les activités : les données révisées sur les activités font suite à des vérifications aux fins d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ), à des corrections ou des réaffectations de données, ou à l'obtention de nouvelles données.

- Les révisions apportées aux données sur l'utilisation de combustibles dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (StatCan, s.d.) entraînent habituellement des recalculs dans plusieurs catégories et sous-catégories de l'utilisation de combustibles. Les données révisées du BDEE de 2023 ont été intégrées (selon la pratique habituelle) pour mettre à jour les données préliminaires de 2023[2] de même que certaines données historiques qui ont été corrigées et utilisées dans le rapport d'inventaire national à la CCNUCC de l'année dernière. Les révisions dans le BDEE consistent notamment en ce qui suit :
  - les données sur le carburéacteur, pour 2017 et 2023
  - les données sur le butane, de 2021 à 2022
  - les données sur le charbon, de 2014 à 2023
  - les données sur les carburants diesel, de 2011 à 2023
  - les données sur le mazout lourd, de 2022 à 2023
  - les données sur le mazout léger, de 1999 à 2023
  - les données sur l'essence pour les moteurs, de 2011 à 2023
  - les données sur le gaz naturel, de 2018 à 2023
  - les données sur le propane, de 2021 à 2022
  - les données sur les déchets de bois massif, de 2021 à 2023
  - les données sur les gaz de distillation, de 1990 à 2023
- Les révisions apportées aux données non comprises dans le BDEE consistent en ce qui suit :
  - les statistiques sur le mouvement des aéronefs en 2023
  - les données sur l'immatriculation des véhicules de 2023
  - les volumes de gaz torchés soustraits de la combustion de sources fixes pour éviter la double comptabilisation, de 2004 à 2023
  - les quantités de gaz de digesteur brûlés, de 2021 à 2023
  - les quantités de gaz d'enfouissement brûlés, de 1995 à 2023
  - les quantités de déchets solides municipaux et de déchets médicaux brûlés, de 1990 à 2023
  - les quantités de bois de chauffage résidentiel brûlé, de 2021 à 2023
  - les quantités de gaz de digestion des boues brûlés, de 1990 à 2023

Méthodologie : il s'agit des recalculs effectués en raison d'améliorations de la méthodologie : révisions et mises à jour découlant de nouvelles connaissances et informations, utilisation de méthodes de niveaux supérieurs du GIEC ou ajout de méthodes pour les nouvelles sources d'émissions :

- mise à jour des paramètres de modélisation servant à estimer les fuites fugitives des équipements dans le secteur du PGA (voir la section A3.2.2.1.3);
- améliorations apportées aux données de composition du gaz naturel produites servant à estimer les émissions fugitives dans le secteur du PGA de la Colombie-Britannique (se reporter à la section A3.2.2.1.2 pour une description détaillée);
- mise à jour des méthodes dans le secteur de la production de pétrole lourd thermique en Saskatchewan et mises à jour connexes des émissions fugitives antérieures imputables à la production de pétrole lourd (décrites aux sections A3.2.2.1.1 et A3.2.2.1.2);
- mise à jour des méthodes relatives aux émissions de CH_4 issues des puits de pétrole et de gaz abandonnés (se reporter à la section A3.2.2.6 pour une description détaillée de la méthode).
- mises à jour des méthodes par l'intégration des émissions de torchage déclarées pour le raffinage du pétrole, le but étant de mieux refléter les changements de la technologie et de l'exploitation apportés au cours des 20 dernières années (voir la section A3.2.2.3);
- mises à jour des méthodes de modélisation de la teneur en carburants renouvelables des carburants de transport (voir la section A3.1.4.2 pour des précisions);
- mises à jour des méthodes de modélisation du transport maritime (se reporter à la section A3.1.4.2 pour des précisions);
- mises à jour des méthodes de modélisation des véhicules hors route (se reporter à la section A3.1.4.2 pour des précisions).

2 Statistique Canada publie annuellement une version finale révisée des données (préliminaires) sur l'énergie de l'année précédente. Les données actuelles sur l'énergie pour 2024 sont des données préliminaires qui devraient être révisées en 2026.

Coefficients d'émission : ce sont les recalculs résultant des révisions des coefficients d'émission (l'examen complet des coefficients d'émissions est présenté à l'Annexe 6) :

- les coefficients d'émission de CH_4 pour le gaz de distillation utilisé dans la combustion de source fixe;
- les coefficients d'émission de CO_2 et de CH_4 pour la combustion de source fixe de gaz naturel par les producteurs en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan.

Réaffectation : il s'agit des recalculs résultant de la réaffectation des émissions à une catégorie des TCD plus appropriée, où la méthodologie, les données sur les activités et les coefficients d'émission ne sont pas révisés.

- Réaffectation des émissions de GES de la catégorie 1.A.2.c Produits chimiques, 1.A.2.g.viii Industries manufacturières (Autres) et 1.A.1.b Raffinage du pétrole à la catégorie 1.A.1.c.iii Autres industries énergétiques en ce qui concerne l'utilisation de combustibles dans la fabrication de biocombustibles.

D'autres améliorations ont eu une incidence sur le secteur du PGA, y compris la mise à jour des estimations du CH_4 basées sur des mesures aériennes pour intégrer les données d'émissions révisées (voir la section A3.2.2.1.5 pour plus de précisions). Enfin, de nouvelles données d'émissions déclarées dans les secteurs du transport, du stockage et de la distribution de gaz naturel ont été intégrées aux estimations des émissions fugitives pour 2023 (voir les sections A3.2.2.2 et A3.2.2.4 pour des descriptions détaillées).

Items pour mémoire et attribution des émissions

- En ce qui concerne la combustion de biomasse et de biocombustibles, seules les émissions de CH_4 et de N_2O sont comprises, alors que les émissions de CO_2 sont déclarées en tant que poste pour mémoire dans les tableaux du rapport d'inventaire à la CCNUCC.
- Les GES produits par l'aviation et la navigation internationale sont également déclarés en tant que poste pour mémoire.
- Les émissions produites hors route par les véhicules et la machinerie, y compris les navires de pêche, sont déclarées dans les sous-catégories mobiles distinctes correspondant à leur provenance, dans les Industries manufacturières et construction (1.A.2) ou Autres secteurs (1.A.4). Les émissions produites par l'aviation et la navigation militaires sont déclarées dans la sous-catégorie Autres (1.A.5).
    - L'attribution des émissions dans le présent chapitre est conforme aux catégories des Tableaux communs de déclaration (TCD) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et de la CCNUCC. Elle est différente de l'allocation des émissions présentée au Chapitre 2 et sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada, dans lesquels les émissions issues du transport hors route, de la pêche, de l'aviation militaire et de la navigation militaire sont comprises dans la catégorie générale des Transports.
- Au Canada, la tourbe est produite, exportée et utilisée à des fins horticoles seulement. Elle n'est pas utilisée comme combustible. Les données concernant la tourbe sont présentées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) (Chapitre 6, section 6.1), et le carburant consommé pour son extraction et sa production est comptabilisé dans la sous-catégorie Agriculture/foresterie/pêche de la catégorie Autres secteurs (1.A.4).

3.1.2. Catégories clés

Les catégories suivantes ont été reconnues comme catégories clés par des évaluations du niveau et de la tendance, selon une méthode de Niveau 1 du GIEC :

- Industries énergétiques (1.A.1), CO_2, CH_4
- Industries manufacturières et construction (1.A.2), CO_2
- Transport aérien intérieur (1.A.3.a), CO_2
- Transport routier (1.A.3.b), CO_2, N_2O
- Transport ferroviaire (1.A.3.c), CO_2
- Transport maritime intérieur (1.A.3.d), CO_2
- Autres modes de transport (1.A.3.e), CO_2
- Autres secteurs (1.A.4), CO_2

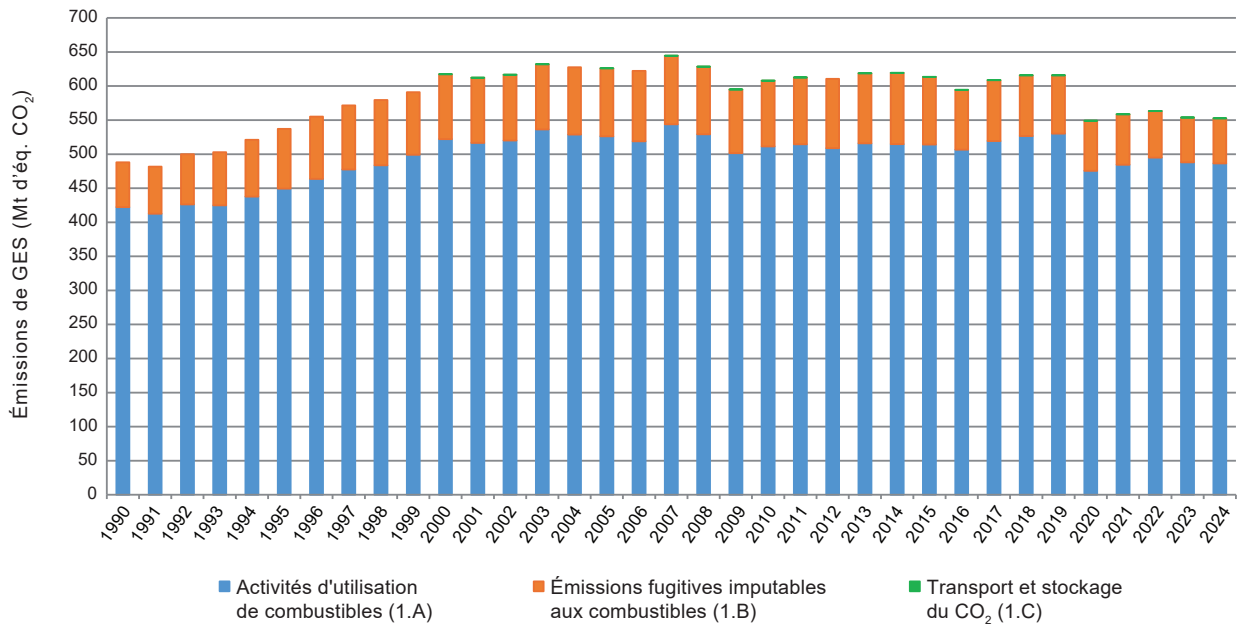
- Émissions fugitives imputables aux combustibles solides (1.B.1), CH_4
- Émissions fugitives imputables aux combustibles (Pétrole) (1.B.2.a), CH_4
- Émissions fugitives imputables aux combustibles (Gaz naturel) (1.B.2.b), CH_4
- Émissions fugitives imputables aux combustibles (Évacuation et torchage) (1.B.2.c), CO_2, CH_4

Des précisions sur les méthodes ayant servi à déterminer les catégories clés en général et par type de combustible se trouvent à l'Annexe 1.

3.1.3. Tendances des émissions

En 2024, environ 552 Mt (81 %) des émissions de GES du Canada provenaient du secteur de l'Énergie. Dans l'ensemble, les émissions de GES issues de ce secteur ont augmenté de 64 Mt (13 %) depuis 1990. Entre 1990 et 2024, les émissions imputables aux Activités d'utilisation de combustibles (1.A) ont augmenté de 64 Mt (15 %) et les Émissions fugitives imputables aux combustibles (1.B), de 0,25 Mt (0,37 %). Le Transport et stockage du CO_2 (1.C) a commencé en 2000; ses émissions ont augmenté de 0,0006 Mt (660 %) en comparaison avec 2024 (voir la Figure 3–2).

Figure 3–2 **Émission de GES du secteur de l'Énergie**



3.1.4. Méthodologies

L'Annexe 3.1 (Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles) présente les méthodes ayant servi à calculer les émissions issues de l'utilisation de combustibles. Quant à l'Annexe 3.2 (Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles), elle décrit les méthodes ayant servi à calculer les émissions issues de sources fugitives. Les méthodes d'estimation concordent avec les méthodes de niveaux 1, 2 et 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) et les coefficients d'émission et les paramètres sont propres au pays. Le Tableau 1–5 du Chapitre 1 résume les niveaux méthodologiques ayant servi à estimer chacune des catégories de GES.

3.1.5. AQ/CQ et vérification

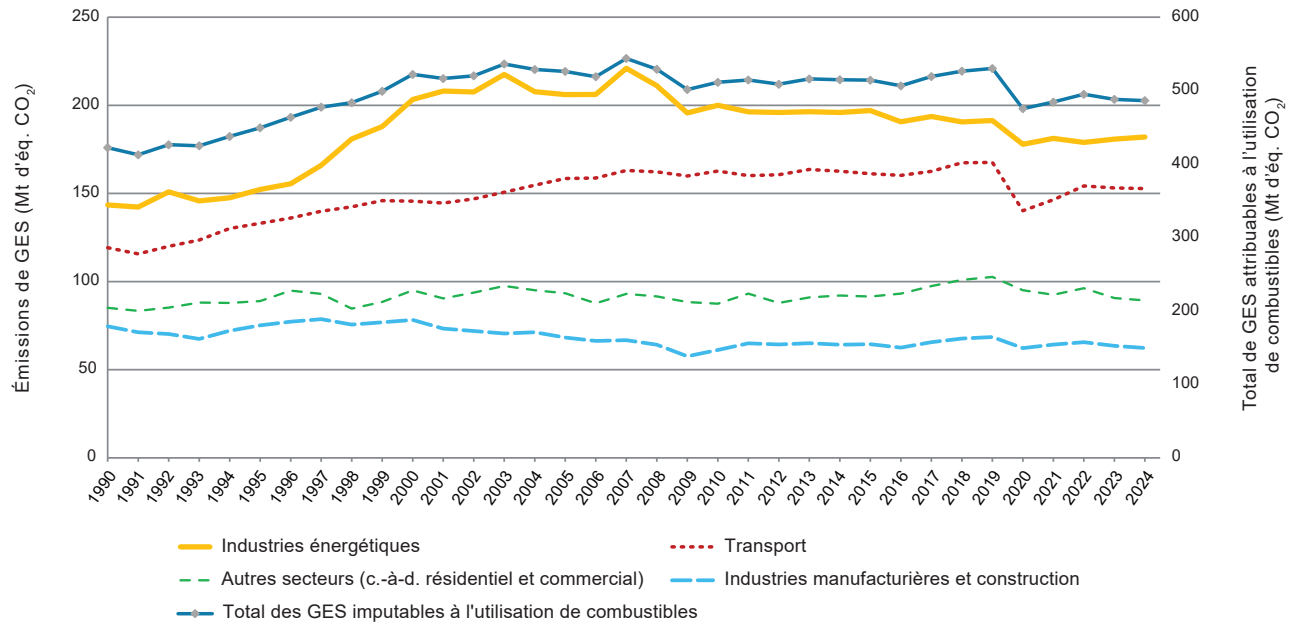
Les vérifications de contrôle de la qualité effectuées dans chaque catégorie des TCD respectaient les Lignes directrices 2006 du GIEC. Cette vérification comportait un examen de plusieurs aspects : modèles d'estimation, données sur les activités, coefficients d'émission, cohérence de la série temporelle, exactitude de la transcription, documents de référence, facteurs de conversion, étiquetage des unités et calculs types des émissions. Toutes les erreurs liées aux calculs, aux références ou aux données relevées durant les vérifications de contrôle de la qualité (CQ) ont été corrigées avant la publication. Les données, méthodes et modifications liées aux activités de CQ sont consignées et archivées. Les mesures d'AQ/CQ et de vérification propres à chaque catégorie sont indiquées dans chaque section.

3.2. Activités d'utilisation de combustibles (catégorie 1.A des TCD)

Les sources d'émissions de la catégorie des Activités d'utilisation de combustibles comprennent toutes les émissions de GES découlant de l'utilisation de combustibles fossiles et de biocombustibles, à l'exception des émissions de CO_2 provenant de biocombustibles comme le bois de chauffage résidentiel et le biodiesel. Le CO_2 découlant de la combustion de biomasse figure plutôt dans la section des TCD sur les items de mémo. Voir la section 3.5.2 pour plus de précisions. Parmi les principales catégories des Activités d'utilisation de combustibles figurent les Industries énergétiques, les Industries manufacturières et la construction, le Transport et les Autres secteurs.

En 2024, l'utilisation de combustibles fossiles et de biomasse a généré environ 486 Mt (71 %) d'émissions de GES au Canada (Tableau 3–1). Dans l'ensemble, les émissions de GES attribuables aux Activités d'utilisation de combustibles ont augmenté de 15 % depuis 1990. Entre 1990 et 2024, les émissions ont augmenté de 27 % (38,6 Mt) dans la catégorie Industries énergétiques (1.A.1), diminué de 16 % (-12,2 Mt) dans la catégorie Industries manufacturières et construction (1.A.2), augmenté de 29 % (34,4 Mt) dans la catégorie Transports et augmenté de 4,0 % (3,42 Mt) dans la catégorie Autres secteurs (1.A.4) (voir la Figure 3–3).

Figure 3–3 **Émissions de GES attribuables à l'utilisation de combustibles**



3.2.1. Industries énergétiques (catégorie 1.A.1 des TCD)

3.2.1.1. Description de la catégorie

La catégorie des Industries énergétiques comporte trois sous-catégories : Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, Raffinage du pétrole et Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques. Cette catégorie fait partie des catégories clés en ce qui a trait au CO_2 et au CH_4 (voir la section 3.1.2 pour plus de précisions).

En 2024, cette catégorie a représenté 182 Mt (27 %) des émissions totales de GES du Canada, une hausse de 27 % (38,6 Mt) des émissions totales de GES depuis 1990. La sous-catégorie de la Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public a représenté 32 % (57,5 Mt) de ses émissions de GES de la catégorie, tandis que les sous-catégories du Raffinage du pétrole, de la Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques y ont respectivement contribué dans une proportion de 8,0 % (14,6 Mt) et de 60 % (110 Mt) (Tableau 3–3). Le Chapitre 2 consacré aux tendances des émissions comprend d'autres analyses relatives à la catégorie des Industries énergétiques.

La catégorie des Industries énergétiques comprend toutes les émissions de GES de sources de combustion fixes liées au secteur des services publics de production d'électricité et de la production combinée de chaleur et d'électricité ainsi qu'à la production, la transformation et le raffinage des combustibles fossiles.

Même si elles sont attribuables aux Industries énergétiques, les émissions provenant des activités d'évacuation et de torchage liées à la production, à la transformation et au raffinage des combustibles fossiles sont déclarées comme des émissions fugitives (se reporter à la section 3.3, Émissions fugitives attribuables aux combustibles [catégorie 1.B des TCD]).

Tableau 3–3 **Contribution des Industries énergétiques aux émissions de GES**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Industries énergétiques – TOTAL (1.A.1)	**143 000**	**206 000**	**191 000**	**178 000**	**181 000**	**179 000**	**181 000**	**182 000**
Production d'électricité et de chaleur du secteur public	94 100	123 000	69 600	62 300	61 600	58 100	59 000	57 500
Raffinage du pétrole	18 300	20 000	14 900	13 800	14 000	14 600	14 400	14 600
Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	31 000	63 100	107 000	102 000	106 000	106 000	107 000	110 000

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public (catégorie 1.A.1.a des TCD)

Selon les Lignes directrices 2006 du GIEC, la sous-catégorie de la Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public comprend les émissions de GES attribuables à la production d'électricité et de chaleur par l'utilisation de combustibles dans les centrales thermiques dans le secteur public ou les centrales thermiques privées dont l'activité principale est de fournir de l'électricité à la population. Les émissions de GES estimées de cette sous-catégorie n'incluent pas les émissions issues de la production industrielle d'énergie non liée aux services publics : ces émissions sont plutôt attribuées à des secteurs industriels spécifiques de la catégorie des Industries manufacturières et construction.

Le réseau de distribution d'électricité au Canada comprend la production d'électricité par combustion, de même que l'hydroélectricité, l'énergie nucléaire et les autres énergies renouvelables (éolienne, solaire et marémotrice). La quantité totale d'énergie d'origine éolienne, marémotrice et solaire est faible comparée à celle produite par les importantes installations hydroélectriques et nucléaires du Canada. Les centrales nucléaires, hydroélectriques, éoliennes, solaires et marémotrices produisent peu de GES, qui proviennent généralement des génératrices au diesel servant de source d'énergie de secours. Dans le cas des centrales hydroélectriques, les émissions issues des réservoirs (en raison des terres inondées) sont déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (section A3.5.6.2). Dans le cas des centrales nucléaires, les opérations de production et de transformation du combustible d'uranium ont lieu dans des usines distinctes; toutes les émissions de GES associés à ces usines figurent sous Industries manufacturières et construction. Quant aux émissions découlant de l'extraction de l'uranium, elles sont déclarées dans les Mines.

Les estimations de GES de la sous-catégorie de la Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public correspondent donc uniquement aux émissions de la production d'électricité par combustion. La production de vapeur et les moteurs à combustion interne sont les principaux systèmes qui servent à générer de l'électricité par des procédés thermiques. Les chaudières à turbine à vapeur brûlent du charbon, du coke de pétrole, des produits pétroliers raffinés (PPR), du gaz naturel ou de la biomasse, tandis que les turbines à gaz utilisent du gaz naturel ou des PPR. Les moteurs alternatifs peuvent consommer du gaz naturel ou un mélange de PPR.

Raffinage du pétrole (catégorie 1.A.1.b des TCD)

La sous-catégorie du Raffinage du pétrole comprend les émissions provenant de l'utilisation de combustibles dues à la production de produits pétroliers à partir de matières premières brutes. Le brut conventionnel ou synthétique est transformé en produits pétroliers, comme le mazout lourd, le mazout résidentiel, le carburant d'aviation, l'essence et le carburant diesel, par distillation et par d'autres procédés. Ces procédés utilisent la chaleur de l'utilisation de combustibles générés à l'interne (comme les gaz de distillation et le coke de pétrole) et de combustibles achetés (comme le gaz naturel). Conformément aux Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2019), les émissions provenant du brûlage dirigé du coke de catalyseur pendant le processus de régénération du catalyseur sont déclarées dans la catégorie 1.A.1.b. La catégorie des Émissions fugitives découlant des combustibles (section 3.3) inclut le CO_2 produit par les raffineries au cours du processus de production d'hydrogène par reformage à la vapeur du gaz naturel, ainsi que les émissions fugitives provenant des autres opérations de raffinage, dont le torchage.

Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c des TCD)

La sous-catégorie de la Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques comprend les émissions fixes attribuables à l'utilisation de combustibles des industries dans le cadre de la production de pétrole brut et de gaz naturel, de l'exploitation des sables bitumineux, de l'extraction du bitume, de la valorisation du bitume naturel et du pétrole lourd, de l'exploitation de la houille et de fabrication de biocombustibles. Les émissions provenant du transport par pipeline figurent dans la sous-catégorie du Transport par pipeline (1.A.3.e.i), tandis que celles du transport hors route qui se produisent dans les industries de l'extraction minière et de l'extraction du pétrole et du gaz figurent dans la catégorie des Industries manufacturières et construction – Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.2.g.vii).

Les installations de valorisation produisent du pétrole brut synthétique à partir de la matière première constituée par le bitume issu du traitement des sables bitumineux, de l'extraction et des activités de récupération in situ (p. ex. l'extraction thermique) ou du pétrole lourd classique. La composition en hydrocarbures du pétrole brut synthétique (ou valorisé) est semblable à celle du pétrole brut classique, et ce type de pétrole peut être raffiné pour donner des produits pétroliers raffinés comme l'essence et le carburant diesel. À l'instar des raffineries de pétrole, les installations de valorisation utilisent du gaz naturel et des combustibles produits à l'interne, comme les gaz de distillation et le coke de pétrole, ce qui entraîne à la fois des émissions de combustion et des émissions fugitives.

Les fabricants produisent une variété de biocombustibles, dont l'éthanol, le biodiesel, le diesel renouvelable, le biogaz, le gaz naturel renouvelable, le carburant d'aviation durable, le biobrut et les granulés de bois. Ces biocombustibles se composent d'intrants renouvelables, comme les oléagineux, les céréales, les huiles, l'amidon, les matières animales et les déchets de bois, dont la sciure. Les fabricants génèrent des biocombustibles à partir de combustibles fossiles et de biocombustibles employés à des fins de combustion.

3.2.1.2. Questions de méthodologie

La méthodologie décrite à la section A3.1.4.1 permet de calculer les émissions de toutes les catégories de sources principalement à partir des données sur la consommation de combustibles présentées dans le BDEE. La méthode est conforme à celle de Niveau 2 du GIEC en ce qui concerne les coefficients d'émission propres au pays.

Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public (catégorie 1.A.1.a des TCD)

Dans les données sur l'utilisation des combustibles présentées dans le BDEE, il y a une distinction entre la production d'électricité par les industries et la production d'électricité par les services publics, mais les données sur la production d'électricité par les industries sont regroupées dans une seule catégorie intitulée Transformé en énergie électrique par les industries. La réattribution des émissions de GES dues à la production d'électricité industrielle selon leurs sous-catégories industrielles respectives se fait à l'aide des renseignements détaillés fournis par l'industrie au BDEE. Se reporter à la section A3.1.4.1 pour des détails sur la méthodologie.

Les Lignes directrices 2006 du GIEC divisent la sous-catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public en trois autres sous-catégories : Production d'électricité (1.A.1.a.i), Production combinée de chaleur et d'électricité (1.A.1.a.ii) et Centrales de production de chaleur (1.A.1.a.iii). Les données sur la consommation de combustibles ne sont pas présentées selon ces sous-catégories dans le BDEE; elles sont plutôt rassemblées en une seule catégorie intitulée Transformé en énergie électrique par les services publics d'électricité. Les émissions de GES de la catégorie Transformé en énergie électrique par les services publics d'électricité du BDEE sont ventilées dans les sous-catégories des TCD de la Production d'électricité et de la Production combinée de chaleur et d'électricité à l'aide des données d'entrée[3] du BDEE. Se reporter à la section A3.1.4.1 pour des détails sur la méthodologie.

3 Les « données d'entrée » du BDEE sont tirées d'enquêtes qui alimentent le BDEE. (Le BDEE regroupe et résume les données de ces enquêtes.)

Les données du BDEE sur la consommation de combustibles pour les déchets de bois industriels et les liqueurs résiduaires consommés à des fins énergétiques sont groupées en un seul total national. Les émissions de CH_4 et de N_2O issues de la combustion de la biomasse sont réattribuées à leurs catégories respectives à l'aide des données d'enquêtes d'appoint du BDEE. Les émissions de CO_2 issues de la combustion de la biomasse ne sont pas incluses dans les totaux, mais déclarées séparément dans les tableaux des TCD de la CCNUCC comme poste pour mémoire.

Raffinage du pétrole (catégorie 1.A.1.b des TCD)

Le calcul des émissions dans cette sous-catégorie tient compte de tous les combustibles attribués au secteur du raffinage du pétrole, y compris l'ensemble des produits pétroliers déclarés en tant que consommation par les producteurs ou consommation personnelle ainsi que le gaz naturel acheté comme combustible. Dans le BDEE, les données sur l'utilisation de combustibles comprennent les combustibles brûlés par torchage; toutefois, le volume de gaz torché et les émissions en résultant sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie Émissions fugitives imputables aux combustibles pour éviter la double comptabilisation. Pour plus de détails, se reporter à la section A3.2.2.8 de l'Annexe 3.2.

Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c des TCD)

Les émissions de cette sous-catégorie sont calculées en prenant en compte tous les combustibles attribués aux producteurs de combustibles fossiles et de biocombustibles. Dans le BDEE, les données sur l'utilisation de combustibles comprennent les combustibles brûlés par torchage; toutefois, les émissions provenant du torchage sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie des Émissions fugitives imputables aux combustibles. Pour éviter la double comptabilisation, les sources de combustion fixes ne comprennent pas les données sur l'utilisation de combustibles et les émissions provenant du torchage. Pour plus de détails, se reporter à la section A3.2.2.8, de l'Annexe 3.2.

Les producteurs de combustibles fossiles brûlent souvent du gaz naturel non marchand non traité. Celui-ci a un coefficient d'émission de CO_2 plus élevé que celui du gaz naturel marchand (se reporter à la section A6.1.1), étant donné qu'il contient un plus grand pourcentage d'hydrocarbures complexes, ce qui se solde par une teneur élevée en carbone. De même, la teneur en énergie du gaz naturel non marchand est supérieure à celle du gaz naturel marchand.

Le BDEE ne déclare pas les données d'utilisation de combustibles dans la fabrication de biocombustibles en une seule ligne, mais plutôt dans les industries des Produits chimiques, les Autres industries manufacturières et le Raffinage du pétrole, selon le biocombustible. Les données d'utilisation de combustibles de ces catégories sont réattribuées aux Autres industries énergétiques à l'aide des données d'entrée du BDEE. Voir la section A3.1.4.1.2 pour des précisions sur les méthodes.

3.2.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

La plage d'incertitude estimative de la catégorie des Industries énergétiques est de ±3 % pour le CO_2, le CH_4 et N_2O pris ensemble et de ±2 % pour le CO_2 pris seul.

Le degré d'incertitude attribué à la catégorie Industries énergétiques est fonction des méthodes de collecte des données, ainsi que de la représentativité d'un coefficient d'émission propre à chaque combustible. La collecte de données à des fins fiscales signifie que les volumes et les propriétés des combustibles commerciaux sont généralement exacts, tandis que le degré d'incertitude est plus grand lorsqu'il s'agit des quantités déclarées et des propriétés de combustibles non marchands (comme l'utilisation par le producteur du gaz naturel provenant des puits de production et la consommation des gaz de distillation par les raffineries). Par exemple, dans la sous-catégorie du Raffinage du pétrole, les coefficients d'émission de CO_2 pour les combustibles non marchands, comme les gaz de distillation, le coke de pétrole et le coke catalytique, influent plus grandement sur l'estimation de l'incertitude que les coefficients d'émission de CO_2 des combustibles commerciaux. Les coefficients d'émission de CO_2 pour le charbon ont été établis à l'aide de méthodes statistiques et d'intervalles de confiance à 95 %.

L'incertitude estimative des émissions de CH_4 (±110 %) et de N_2O (±280 %) de la catégorie des Industries énergétiques est fonction du degré d'incertitude des coefficients d'émission (ICF Consulting, 2004). Il faut solliciter des experts pour mieux estimer les incertitudes relatives au CH_4 et au N_2O, notamment certaines zones d'incertitude des coefficients d'émission et fonctions de densité de probabilité établies par ICF Consulting. Les estimations relatives à la catégorie des Industries énergétiques sont uniformes dans le temps et sont calculées selon la même méthode. La section 3.2.1.5, Recalculs, renferme une analyse des données sur les activités du BDEE.

Environ 30 % des émissions générées par la sous-catégorie de la Fabrication des combustibles solides et des autres industries énergétiques sont dues à la consommation de gaz naturel non marchand dans les industries de la production et de la transformation du gaz naturel, de l'extraction de pétrole classique et de la production et de l'extraction de bitume in situ. L'estimation du degré d'incertitude pour les émissions provenant de la consommation de ce combustible subit l'influence des incertitudes liées aux coefficients d'émission de CO_2 (-1,4 % à +2,0 % pour l'Alberta; ±6 % pour toutes les autres provinces) et de CH_4 (de 0 % à +240 %) pour la consommation de gaz naturel brut. Les estimations des émissions dans l'industrie du pétrole et du gaz utilisent des coefficients d'émission pondérés à l'échelle provinciale, car il n'y a aucune donnée au niveau des usines sur la composition du gaz naturel brut (qui peut varier d'une usine à l'autre).

Les méthodes et les sources de données ayant servi à générer la série chronologique étaient cohérentes, de sorte que cette dernière est cohérente.

3.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie des Industries énergétiques sont indiquées à la section 3.1.5.

Les responsabilités partagées en matière de contrôle de la qualité entre les groupes de travail (pour le BDEE et les enquêtes d'appoint comme l'Enquête sur la consommation industrielle d'énergie) contribuent également aux améliorations annuelles du bilan énergétique national et, à son tour, à l'Inventaire national.

Comme il est décrit au Chapitre 1 section 1.4.4, le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) du Canada a mis en place un programme d'établissement de rapports qui a permis de recueillir des données sur les émissions de GES des installations qui ont rejeté 10 kt d'éq. CO_2 ou plus depuis 2017, et sur celles qui ont rejeté 50 kt d'éq. CO_2 ou plus entre 2004 et 2016. Lorsqu'un secteur précis a été couvert en totalité ou presque, les données du PDGES permettent une comparaison entre les valeurs indiquées par l'industrie et les estimations des émissions dans l'inventaire canadien. Cette comparaison est possible pour les sous-catégories des Industries du raffinage du pétrole et de la Production d'électricité dans le secteur public et pour le secteur de l'extraction et de la valorisation des sables bitumineux, étant donné la couverture presque complète de ces industries.

3.2.1.5. Recalculs

Plusieurs améliorations et révisions des données sur les activités ont permis d'accroître l'exactitude des données et leur comparabilité, ainsi que d'assurer leur uniformité par rapport aux Lignes directrices 2006 du GIEC et les MPL. Les estimations des émissions de toutes les années ont été révisées en raison de ce qui suit :

- des données révisées du BDEE, y compris des mises à jour concernant le charbon, le diesel, le mazout lourd, le mazout léger, le gaz naturel, le gaz de distillation, le coke de pétrole et le propane, donnant lieu à des recalculs de 1990 à 2023; (les changements aux émissions varient de -0,11 Mt en 2022 à +2,0 Mt en 2012; 2023 a connu une augmentation de +0,48 Mt)
- des révisions apportées aux coefficients d'émission de CO_2 et de CH_4 associés au gaz naturel consommé par les producteurs en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan, entraînant des recalculs de 1990 à 2023 (les changements aux émissions varient de -0,56 Mt en 2010 à -0,05 Mt en 1992)
- des révisions apportées aux coefficients d'émission de CO_2 et de CH_4 associés au coke de pétrole et au gaz de distillation, entraînant des recalculs pour la période de 1990 à 2023 (les changements aux émissions varient de -0,0001 Mt en 1994 à +0,01 Mt en 2023)
- des émissions révisées réattribuées au Torchage entre 2004 et 2023 (les modifications aux émissions variaient de -1,0 Mt en 2022 à -0,15 Mt en 2004)
- la réattribution des émissions des Produits chimiques, des Autres industries manufacturières et du Raffinage du pétrole aux Autres industries énergétiques entre 1990 et 2023 (les modifications variaient de +0,07 Mt d'émissions en 2023 à +0,96 Mt en 2013)

3.2.1.6. Améliorations prévues

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), Ressources naturelles Canada (RNCan) et Statistique Canada (StatCan) continuent à collaborer afin d'améliorer la qualité du bilan énergétique national et de subdiviser les données sur l'utilisation des combustibles par l'intermédiaire du Groupe de travail trilatéral sur l'énergie. Des explications sur les recalculs découlant des améliorations au bilan énergétique se trouvent dans leur section respective ou dans la section d'aperçu général au début du présent chapitre.

StatCan est responsable de la mise en œuvre des améliorations, des évaluations de la faisabilité des projets et de la recommandation d'approches pour la collecte de nouvelles données. StatCan a évalué et modernisé certaines enquêtes afin de mieux saisir l'offre et la demande en combustibles fossiles et renouvelables. Ces mises à jour amélioreront la qualité et la transparence des données du BDEE. Parmi les améliorations figurent les suivantes :

1. la collecte des enquêtes mensuelles sur les combustibles renouvelables et l'hydrogène concernant les types de biocombustibles et d'hydrogène produits au Canada
2. l'amélioration des méthodes de collecte de données concernant le transport de combustibles fossiles et de combustibles renouvelables par train et par navire

Le Canada se concentre sur l'établissement de coefficients d'émission propres au pays par des améliorations qui accordent la priorité aux combustibles qui contribuent le plus aux GES. Au cours des dernières années, grâce à de nouveaux résultats et de nouvelles études, des mises à jour ont été apportées aux coefficients d'émission de CO_2 et aux pouvoirs calorifiques du charbon, de l'essence, du diesel et du gaz naturel marchand et non marchand. La section A6.1 du présent rapport présente les résultats de ces améliorations. Le Canada continuera d'évaluer et de cerner des combustibles supplémentaires dans le but de s'améliorer.

3.2.2. Industries manufacturières et construction (catégorie 1.A.2 des TCD)

3.2.2.1. Description de la catégorie

Cette catégorie se compose des émissions de l'utilisation de combustibles fossiles achetés par l'ensemble des industries du secteur minier, manufacturier et du bâtiment. Les sous-sections qui suivent présentent les six sous-catégories définies par la CCNUCC dans la catégorie des Industries manufacturières et construction. Cette dernière constitue une catégorie clé en ce qui a trait au CO_2 (voir la section 3.1.2 pour plus de précisions).

En 2024, la catégorie des Industries manufacturières et construction était responsable de 62,4 Mt (9,1 %) des émissions totales de GES du Canada, ainsi que d'une diminution de 16 % (12,2 Mt) de toutes les émissions depuis 1990 (se reporter au Tableau 3–4 pour plus de détails). Toujours dans la même catégorie, 36,3 Mt (58 %) des émissions de GES proviennent de la sous-catégorie Autres, qui englobe les l'exploitation minière, la construction, les véhicules hors route (associés à la fabrication, à l'exploitation minière et à la construction) ainsi que d'autres activités manufacturières. Cette sous-catégorie est suivie (par ordre décroissant) des sous-catégories Produits chimiques (9,37 Mt, 15 %), Pâtes, papiers et imprimerie (5,79 Mt, 9,3 %), Sidérurgie (4,60 Mt, 7,4 %), Produits minéraux non métalliques (3,33 Mt, 5,3 %) et Métaux non ferreux (2,93 Mt, 4,7 %). Les émissions de GES du secteur de la Transformation des aliments, boissons et tabac entrent dans la sous-catégorie Autres industries manufacturières, en raison du manque de données sur l'utilisation des combustibles.

Les émissions de GES résultant de l'utilisation de combustibles par une industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur sont attribuées à la sous-catégorie industrielle correspondante (voir la section A3.1.4.1). Le secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits déclare des émissions de GES attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles à des fins non énergétiques, comme le coke de charbon utilisé dans la réduction du minerai de fer, et divers autres combustibles utilisés comme matières premières et réactifs chimiques.

Tableau 3–4 **Contribution des Industries manufacturières et construction aux émissions de GES**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Industries manufacturières et construction – TOTAL (1.A.2)	**74 600**	**68 200**	**68 500**	**62 300**	**64 200**	**65 600**	**63 600**	**62 400**
Sidérurgie	**4 940**	**5 020**	**5 010**	**4 290**	**4 820**	**4 520**	**4 530**	**4 600**
Métaux non ferreux	**3 530**	**3 800**	**3 430**	**3 240**	**3 010**	**3 170**	**3 110**	**2 930**
Produits chimiques	**8 130**	**8 170**	**9 360**	**9 410**	**9 210**	**9 120**	**9 350**	**9 370**
Pâtes, papiers et imprimerie	**14 460**	**8 580**	**7 100**	**6 410**	**6 730**	**6 760**	**6 490**	**5 790**
Transformation des aliments, boissons et tabac[a]	**IA**	**IA**	**IA**	**IA**	**IA**	**IA**	**IA**	**IA**
Produits minéraux non métalliques	**3 940**	**5 050**	**4 170**	**3 680**	**3 540**	**3 630**	**3 530**	**3 330**
Autres	**39 600**	**37 600**	**39 500**	**35 300**	**36 900**	**38 400**	**36 600**	**36 300**
Exploitation de mines (excluant les combustibles) et de carrières	4 140	3 920	5 380	4 910	5 280	5 770	5 200	5 290
Construction	1 880	1 440	1 440	1 410	1 420	1 560	1 510	1 560
Fabrication, exploitation minière et construction – hors route	12 400	16 200	20 100	17 200	18 200	18 300	17 500	17 500
Autres industries manufacturières	21 200	16 000	12 500	11 700	12 000	12 800	12 300	12 000

Notes :
IA = Inclus ailleurs
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
a. Les émissions résultant de la Transformation des aliments, boissons et tabac font partie des Autres industries manufacturières.

3.2.2.2. Questions de méthodologie

Pour chaque sous-catégorie de la catégorie des Industries manufacturières et construction, les émissions de GES résultant de l'utilisation de combustibles sont calculées à l'aide de la méthode décrite à la section A3.1.4, conformément aux méthodes de Niveau 2 et 3 du GIEC. Les émissions de GES résultant de la consommation de carburants de transport (comme le carburant diesel et l'essence) figurent sous Véhicules hors route et Autre machinerie (1.A.2.g.vii) dans la catégorie des Industries manufacturières et construction.

Dans le BDEE, les données sur l'utilisation de combustible pour les déchets de bois industriels et les liqueurs résiduaires brûlées à des fins énergétiques sont regroupées en un total national. La réattribution des émissions de CH_4 et de N_2O provenant de la combustion de biomasse dans leur catégorie respective fait appel aux données d'enquête d'appoint du BDEE. Les émissions de CO_2 résultant de la combustion de biomasse ne sont pas incluses dans les totaux, mais figurent séparément dans les TCD de la CCNUCC comme poste pour mémoire. Voir la section 3.5.2 pour des précisions.

Les questions de méthodologie propres à chaque sous-catégorie manufacturière sont décrites ci-après.

Sidérurgie (catégorie 1.A.2.a des TCD)

Il existe actuellement trois établissements intégrés de sidérurgie produisant l'ensemble du coke métallurgique à base de charbon au Canada. Ces établissements intégrés sont structurés de façon que les sous-produits gazeux qu'ils émettent (p. ex., gaz des fours à coke et des hauts fourneaux) soient utilisés dans le cadre de divers procédés dans l'établissement (p. ex., chaudières, haut fourneau, four à coke) et c'est pour cette raison que les émissions attribuables à la production de coke sont incluses dans la sous-catégorie de la Sidérurgie. StatCan déclare dans le BDEE tout le gaz de four à coke produit et consommé dans ces établissements intégrés. Il n'est pas possible de déterminer la quantité exacte de gaz de four à coke torché, mais comme StatCan inclut la quantité de combustibles torchés dans les totaux de consommation du BDEE, ces émissions fugitives figurent dans l'inventaire en tant qu'estimations attribuables à la combustion.

C'est dans le secteur des Procédés industriels et de l'utilisation de produits que sont déclarées toutes les émissions attribuables à l'utilisation de coke métallurgique et de gaz naturel comme réactifs pour la réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux.

Métaux non ferreux (catégorie 1.A.2.b des TCD)

Le BDEE fournit toutes les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie.

Produits chimiques (catégorie 1.A.2.c des TCD)

C'est dans le secteur Procédés industriels et utilisation de produits que sont déclarées les émissions attribuables aux combustibles utilisés comme matières premières.

Pâtes, papiers et imprimerie (catégorie 1.A.2.d des TCD)

Le BDEE fournit toutes les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie.

Transformation des aliments, boissons et tabac (catégorie 1.A.2.e des TCD)

Les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie n'existent pas à un niveau de subdivision inférieur. Les émissions de GES de cette sous-catégorie sont incluses dans la sous-catégorie des Autres industries manufacturières.

Produits minéraux non métalliques (catégorie 1.A.2.f des TCD)

Le BDEE fournit toutes les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie, sauf celles sur l'utilisation des combustibles résiduaires, qui de 1990 à 2016 proviennent des données annuelles obtenues auprès de l'industrie par l'intermédiaire du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC) et à partir de 2017, du PDGES.

Autres (exploitation minière, bâtiment et autres industries manufacturières) (catégorie 1.A.2.g des TCD)

Cette sous-catégorie englobe le reste des émissions du secteur industriel, notamment les sous-catégories des mines, du bâtiment, de la fabrication de véhicules, du textile, des aliments, des boissons et du tabac.

Les émissions des véhicules et de l'équipement hors route utilisés sur place sont incluses dans la sous-catégorie Véhicules hors route et Autre machinerie (1.A.2.g.vii), y compris les émissions des véhicules hors route attribuables aux activités liées à l'exploitation minière, à la construction et à l'industrie pétrolière et gazière.

3.2.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré estimatif d'incertitude de la catégorie des Industries manufacturières et construction est de ±1 % pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O pris ensemble.

Les données sous-jacentes sur les quantités de combustibles et les coefficients d'émission de CO_2 sont associées à un faible degré d'incertitude, car il s'agit essentiellement de combustibles de provenance commerciale dont les propriétés sont uniformes et dont les quantités achetées pour être consommées peuvent être comptabilisées avec précision.

Comme mentionné dans l'analyse sur le degré d'incertitude de la catégorie des Industries énergétiques, il faut solliciter l'avis d'experts pour mieux estimer les incertitudes relatives au CH_4 et au N_2O, nommément certaines zones d'incertitude des coefficients d'émission et fonctions de densité de probabilité établies par les auteurs de l'étude d'ICF Consulting (ICF Consulting, 2004).

Les estimations relatives à la catégorie des Industries manufacturières et construction ont été établies de manière cohérente dans le temps au moyen de la même méthode pour que la série chronologique soit cohérente. La section 3.2.2.5, Recalculs, renferme une discussion des données du BDEE sur l'utilisation des combustibles mises à jour.

3.2.2.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie des Industries énergétiques sont indiquées à la section 3.1.5.

3.2.2.5. Recalculs

Les estimations des émissions de toutes les années ont fait l'objet de révisions en raison de ce qui suit :

- les données du BDEE ont été révisées, y compris celles sur le charbon, le mazout lourd, le mazout léger, le gaz naturel, le propane et les déchets de bois massif, ce qui a entraîné des modifications aux années 1990 à 2023 (variant de -0,11 Mt en 2006 à +0,9 Mt en 2022, et augmentant de 0,05 Mt en 2023);
- les émissions du secteur des Produits chimiques et des Autres industries manufacturières ont été réallouées au secteur des Autres industries énergétiques entre 1990 et 2023 (la variation des émissions a oscillé entre -0,07 Mt en 2023 et -0,96 Mt en 2013);
- les données sur les activités hors route ont été révisées entre 1990 et 2023 en raison de la mise à jour des éléments suivants : le modèle relatif aux véhicules hors route, les données du BDEE, la teneur en carburant renouvelable et le parc de véhicules routiers.

3.2.2.6. Améliorations prévues

ECCC, RNCan et StatCan continuent à collaborer afin d'améliorer la qualité du bilan énergétique national et à subdiviser les données sur l'utilisation des combustibles par l'entremise d'un Groupe de travail trilatéral sur l'énergie. Se reporter à la section 3.2.1.6, Améliorations prévues, pour obtenir plus de détails sur les activités de StatCan et du Groupe de travail trilatéral sur l'énergie.

Des mises à jour prévues aux intrants de modélisation des émissions hors route sont abordées dans la section 3.2.3.6, Améliorations prévues.

3.2.3. Transport (catégorie 1.A.3 des TCD)

En 2024, les émissions de GES attribuables au secteur des transports totalisent 152 Mt, soit environ 22 % des émissions totales de GES du Canada (voir le Tableau 3–5). La plus importante croissance des émissions depuis 1990 a été observée dans les camions légers à essence et les véhicules lourds au diesel; cette croissance se chiffre à 28,8 Mt (117 %) pour les camions légers à essence et à 19,0 Mt (118 %) pour les véhicules lourds au diesel. Une baisse à long terme a été observée dans les émissions des véhicules légers à essence (voitures) et des véhicules au propane et au gaz naturel, soit une baisse combinée de 21,2 Mt (47 %) depuis 1990. Depuis 1990, la catégorie des Transports a affiché une augmentation de 34,4 Mt (29 %) et est responsable de 45 % de l'augmentation totale des émissions observées au Canada.

Tableau 3–5 **Contribution des Transports aux GES**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Transport – TOTAL (1.A.3)	**118 000**	**157 000**	**167 000**	**140 000**	**146 000**	**154 000**	**153 000**	**152 000**
Transport aérien intérieur[a]	**7 270**	**7 450**	**8 340**	**4 560**	**5 400**	**7 460**	**8 190**	**7 850**
Transport routier	**92 100**	**122 000**	**132 000**	**111 000**	**116 000**	**120 000**	**119 000**	**118 000**
Véhicules légers à essence	44 100	40 700	31 100	24 200	24 900	25 300	24 700	23 600
Camions légers à essence	24 600	41 000	55 800	47 300	48 900	51 000	52 500	53 400
Véhicules lourds à essence	4 790	4 620	4 580	4 210	4 170	3 880	3 990	4 070
Motocyclettes	204	460	959	752	800	749	765	781
Véhicules légers à moteur diesel	367	665	430	313	334	365	314	295
Camions légers à moteur diesel	988	748	798	642	771	982	910	874
Véhicules lourds à moteur diesel	16 200	34 300	38 700	33 400	36 100	37 900	35 700	35 200
Véhicules au propane et au gaz naturel	761	23	140	150	157	173	160	159
Transport ferroviaire	**6 100**	**6 510**	**6 530**	**6 020**	**5 840**	**5 790**	**5 810**	**5 850**
Transport maritime intérieur[a, b]	**2 200**	**3 060**	**3 830**	**3 540**	**2 780**	**3 190**	**3 190**	**3 310**
Autres moyens de transport[c]	**10 400**	**17 900**	**16 000**	**14 700**	**15 800**	**17 100**	**16 600**	**17 100**
Véhicules hors route	3 470	7 740	7 540	6 940	7 100	6 990	6 870	6 780
Transport par pipeline	6 920	10 100	8 500	7 760	8 740	10 100	9 740	10 300

Notes :
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
a. Exclut les émissions attribuables à l'équipement militaire, déclarées dans les catégories Autres (non précisé ailleurs) (catégorie 1.A.5 des TCD).
b. Exclut les émissions attribuables aux navires de pêche qui ont été déclarées dans les sous-catégories Agriculture, foresterie et pêches (catégorie 1.A.4.c des TCD).
c. Exclut les émissions des équipements hors route déclarées dans les secteurs des Industries manufacturières et construction, et Autres (catégories 1.A.2 et 1.A.4 des TCD).

3.2.3.1. Description de la catégorie

La catégorie des Transports comprend l'utilisation de combustibles par tous les modes de transport au Canada. Elle a été subdivisée en cinq sous-catégories distinctes :

- le Transport aérien intérieur
- le Transport routier
- le Transport ferroviaire
- le Transport maritime intérieur
- les Autres moyens de transport

3.2.3.2. Questions de méthodologie

Les émissions découlant de l'utilisation de combustibles dans la catégorie des Transports sont calculées au moyen de diverses adaptations de l'Équation A3.1–1 de l'Annexe 3.1. Toutefois, compte tenu des nombreux types de véhicules, d'activités et de combustibles différents, les coefficients d'émission sont nombreux et complexes. Pour prendre en compte cette complexité, les estimations des émissions du secteur des transports sont calculées à l'aide des modèles MOVES (Motor Vehicle Emissions Simulator), NONROAD et du modèle des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation (MEGESA). Ces modèles intègrent une version de la méthode recommandée par le GIEC pour la modélisation des véhicules (GIEC, 2006) et servent à calculer toutes les émissions des transports, sauf celles des transports maritimes, ferroviaires et par pipeline (c.-à-d. l'énergie nécessaire au transport par pipeline de produits liquides ou gazeux). Se reporter à l'Annexe 3.1 pour une description détaillée des méthodes relatives aux Transports.

Transport aérien intérieur (catégorie 1.A.3.a des TCD)

Cette sous-catégorie comprend toutes les émissions de GES du secteur du transport aérien intérieur (commercial, privé, agricole, etc.). Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), les émissions du transport aérien militaire sont déclarées dans la sous-catégorie des Autres sources mobiles (non précisées ailleurs) (catégorie 1.A.5b des TCD). Les émissions des carburants servant dans les aéroports pour le transport au sol sont déclarées sous Autres moyens de transport, Autres (1.A.3.e.ii). Les émissions des combustibles vendus aux compagnies aériennes pour des vols en partance du Canada à destination internationale sont considérées de nature internationale et sont déclarées séparément sous Items pour mémoire, Combustibles de soute internationaux (catégorie 1.D.1.a des TCD), voir la section 3.5.1 pour plus de précisions.

La méthode relative à la sous-catégorie du Transport aérien intérieur est fondée sur une méthode modifiée de Niveau 3 du GIEC. Pour estimer les émissions, des coefficients propres au pays et à chaque type d'aéronef sont utilisés, en plus des coefficients par défaut du GIEC. Les estimations sont établies par le MEGESA et calculées à l'aide des quantités déclarées de carburant d'aviation et de carburéacteur consommés publiées dans le BDEE. La majeure partie des volumes de carburant d'aviation mentionnés dans le BDEE représentent la quantité de carburant vendu à des compagnies aériennes canadiennes, à des compagnies aériennes étrangères, à des administrations publiques et au secteur commercial et institutionnel.

Transport routier (catégorie 1.A.3.b.i-v des TCD)

La méthode servant à estimer les émissions de GES du transport routier est une méthode détaillée de Niveau 3 du GIEC, telle qu'elle est décrite dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. Le modèle MOVES calcule la consommation d'énergie de diverses catégories de véhicules selon les renseignements sur les taux de conduite et le parc de véhicules propres au pays, et est ensuite appliqué aux coefficients d'émission propres au pays. Les résultats du modèle MOVES sont rapprochés des résultats de NONROAD, de sorte que les estimations d'utilisation de combustibles qui en résultent sont conformes aux données du BDEE associées aux véhicules routiers et aux véhicules et à l'équipement hors route. Les proportions des données du BDEE déclarées pour le transport ferroviaire et déterminées comme n'étant pas utilisées dans les locomotives sont attribuées à cette catégorie.

Transport ferroviaire (catégorie 1.A.3.c des TCD)

La méthode employée pour estimer les émissions de GES de la sous-catégorie du Transport ferroviaire est considérée comme une méthode de Niveau 2 du GIEC pour les émissions de CO_2 et une méthode de Niveau 1 du GIEC pour les émissions de CH_4 et de N_2O (GIEC, 2006). Les données sur l'utilisation de combustibles de l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC) sont rapprochées avec les données sur le transport ferroviaire déclarées par le BDEE. Les estimations de l'utilisation de combustibles qui en résultent sont ensuite multipliées par les coefficients d'émission propres au pays. Les quantités déclarées pour le transport ferroviaire dans les données du BDEE qui ne sont pas établies comme étant utilisées dans les locomotives, en raison du rapprochement avec les données de l'ACFC, ont été réparties entre certaines sous-catégories du transport routier et hors route.

Les émissions totales de l'exploitation des trains à vapeur sont jugées non significatives et ne sont pas comprises dans l'inventaire. Dans l'évaluation des activités canadiennes, elles produisent environ 0,5 kt d'éq. CO_2, c.-à-d. qu'elles sont inférieures aux exigences de déclaration précisées dans les MPL de 0,05 % des émissions totales et au seuil de 500 kt.

Transport maritime intérieur (catégorie 1.A.3.d des TCD)

Cette catégorie comprend toutes les émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur. Les émissions dues au combustible utilisé pour les voyages internationaux sont comptabilisées séparément dans la catégorie Postes pour mémoire, Combustibles de soute internationaux (catégorie 1.D.1.b des TCD); voir la section 3.5.1 pour plus de précisions. Les émissions dues aux combustibles consommés par les navires de pêche sont déclarées dans la catégorie Agriculture, foresterie et pêches (catégorie 1.A.4.c des TCD). Les émissions dues aux combustibles consommés par les navires militaires sont déclarées dans Autres (non précisé ailleurs) dans la sous-catégorie Mobile (catégorie 1.A.5.b des TCD). Les émissions à quai des navires se déplaçant à l'international sont attribuées au départ du navire, de sorte que toutes les émissions à quai au Canada sont prises en compte dans l'inventaire.

La méthode d'estimation des émissions est conforme à l'approche de Niveau 2 du GIEC pour les émissions de CO_2 et à la méthode de Niveau 1 du GIEC pour les émissions de CH_4 et de N_2O (GIEC, 2006). Les données sur l'utilisation de combustibles provenant du BDEE sont rapprochées avec les données sur la consommation de carburant de l'Outil d'affichage d'inventaire des émissions marines (OAIEM) et le résultat est multiplié par les coefficients d'émission propres au pays ou par défaut du GIEC.

Transport par pipeline (catégorie 1.A.3.e.i des TCD)

Les pipelines[4] sont le seul moyen de transport qui ne fasse pas appel à des véhicules dans ce secteur. Ils utilisent des moteurs à combustion pour faire fonctionner les compresseurs et autres dispositifs qui propulsent des produits à base d'hydrocarbures. Dans le cas des gazoducs, le combustible utilisé est essentiellement du gaz naturel. Tandis que les oléoducs utilisent généralement des moteurs électriques pour faire fonctionner les stations de pompage, une partie des produits pétroliers raffinés, comme le carburant diesel, est consommé comme combustibles d'appoint durant les pannes de courant.

Une méthode de Niveau 2 du GIEC avec des coefficients d'émission propres au pays et les données sur la consommation de combustible du BDEE sont appliquées à cette sous-catégorie.

Autres moyens de transport (hors route) (catégorie 1.A.3.e.ii des TCD)

Cette sous-catégorie comprend les émissions des véhicules et de l'équipement non autorisés à circuler sur les routes ou les autoroutes qui n'ont pas été attribuées à l'une des catégories suivantes :

- Industries manufacturières et construction, Autres et Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.2.g.vii)
- Autres secteurs, Commercial et institutionnel, et Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.4.a.ii)
- Autres secteurs, Résidentiel et Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.4.b.ii)
- Autres secteurs, Agriculture, foresterie et pêches, et Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.4.c.ii)

Le transport autre que routier ou hors route[5] (véhicules et équipement terrestres, autres que ferroviaires) comprend les émissions de GES produites par la combustion de carburants. Les véhicules de cette sous-catégorie regroupent le matériel de servitude aéroportuaire, l'équipement d'entretien ferroviaire et les véhicules récréatifs hors route.

Les émissions des véhicules et de l'équipement hors route sont calculées au moyen d'une méthode de Niveau 3 du GIEC. NONROAD calcule l'utilisation de combustibles par type de véhicule et d'équipement hors route en utilisant des informations sur les parcs de véhicules et le type de fonctionnement des moteurs propres au pays, qui sont ensuite appliqués aux coefficients d'émission propres au pays. Les résultats de NONROAD sont rapprochés des résultats du modèle MOVES, de sorte que les estimations d'utilisation de combustibles qui en résultent sont conformes aux données du BDEE associées aux véhicules routiers et aux véhicules et à l'équipement hors route. Les proportions des données du BDEE déclarées pour le transport ferroviaire et déterminées comme n'étant pas utilisées dans les locomotives sont attribuées à cette sous-catégorie.

4 Transport du pétrole ou du gaz par des systèmes de pipelines à haute pression.

5 Désigne les véhicules autres que routiers ou hors route. Les termes « autres que routiers » et « hors route » sont interchangeables.

3.2.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Transports

Le degré d'incertitude global des estimations de 2024 pour la catégorie des Transports (excluant les pipelines) est estimé à ±1,1 % pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O, pris ensemble.

Émissions attribuables au Transport aérien intérieur

Le degré d'incertitude lié aux émissions globales attribuables au transport aérien intérieur a été estimé à ±5,5 %. La sous-catégorie du Transport aérien intérieur n'a représenté qu'environ 5 % des émissions totales de GES attribuables aux Transports en 2024 et, par conséquent, n'a pas eu une incidence marquée sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables au Transport routier

Le degré d'incertitude lié aux émissions globales provenant des véhicules routiers est, selon les estimations, de ±1,7 % et est principalement déterminé par le degré d'incertitude relativement faible associé aux données sur les activités touchant la consommation d'essence et de diesel et les émissions de CO_2 qui leur sont associées. Réciproquement, le degré d'incertitude élevé associé aux émissions de CH_4 et de N_2O ainsi que les données sur les activités relatives aux biocombustibles n'ont pas eu une incidence marquée sur l'analyse en raison de leurs contributions relativement faibles à l'inventaire.

Émissions attribuables au Transport ferroviaire

Le degré d'incertitude lié aux émissions provenant du transport ferroviaire est estimé à ±19 %. La plus grande incidence est attribuable au degré élevé d'incertitude associé au coefficient d'émission de N_2O (entre -50 % et +200 %), tandis que le degré d'incertitude relativement faible des données sur les activités concernant le diesel et du coefficient d'émission de CO_2 a eu très peu d'incidence. La sous-catégorie du transport ferroviaire n'a représenté qu'environ 4 % des émissions de GES attribuables aux Transports en 2024. Par conséquent, elle n'a pas eu une incidence marquée sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables au Transport maritime intérieur

Le degré d'incertitude lié aux émissions provenant du Transport maritime intérieur est estimé à ±2,6 %, surtout porté par l'incertitude relativement faible des données sur les activités liées aux combustibles et de leurs émissions de CO_2. En revanche, les incertitudes élevées associées aux émissions de CH_4 et de N_2O n'ont pas influé sur l'analyse de façon significative vu la contribution comparativement mineure de ces gaz à la sous-catégorie. La sous-catégorie du transport maritime intérieur ne représentait qu'environ 2 % des émissions totales des GES issues du Transport en 2024. Par conséquent, elle n'a pas eu une incidence marquée sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables au Transport par pipeline

L'incertitude estimée pour le transport par pipeline est de ±3,5 % pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O réunis. Le Tableau A2–1 et le Tableau A2–2, accessibles sur le site Web de données ouvertes du gouvernment du Canada, présentent les degrés d'incertitude précis pour les pipelines, par GES.

Émissions attribuables aux Véhicules hors route

Le degré d'incertitude associé à l'ensemble des sources hors route est estimé à ±1,7 % et est principalement déterminé par le degré d'incertitude relativement faible associé aux données sur les activités touchant la consommation d'essence et de diesel, et aux émissions de CO_2 qui leur sont associées.

Les méthodes et les sources de données ayant servi à générer la série chronologique étaient cohérentes, de sorte que cette dernière est cohérente.

3.2.3.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie du Transport sont indiquées à la section 3.1.5.

En plus des procédures générales de CQ, des procédures de CQ propres à la catégorie ont été menées dans toutes les sous-catégories du Transport, conformément à la section 6.7 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC, car elles font toutes partie des catégories clés. En particulier, les vérifications supplémentaires propres à la catégorie décrites au Chapitre 3 du Volume 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC ont eu lieu dans les sous-catégories du Transport.

3.2.3.5. Recalculs

Les estimations des émissions du secteur des transports ont été révisées pour la période de 1990 à 2023 comme suit :

- **Combustibles du BDEE** : les révisions comprennent la mise à jour des données préliminaires du BDEE de 2023 pour tous les combustibles ainsi que les volumes de combustibles révisés pour les années de déclaration 2011 et suivantes. La révision a principalement eu un effet sur les sous-catégories Sur route et Hors route.
- **Teneur en combustibles renouvelables** : les révisions sont dues à une nouvelle source de données sur les combustibles renouvelables qui s'applique à toutes les sous-catégories du Transport utilisant de l'essence et du diesel. La nouvelle source de données donne des renseignements supplémentaires sur l'utilisation des biocombustibles, comme la distinction entre les types de biocombustibles et les dispositions provinciales. En outre, l'Association des chemins de fer du Canada a commencé à recueillir des données sur la consommation de biocombustibles des locomotives, données qui ont été intégrées au modèle relatif aux chemins de fer; ce qui a amélioré l'exactitude des émissions associées aux biocombustibles.
- **Aviation** : les révisions découlent des statistiques de Statistique Canada mises à jour de 2023 sur les mouvements d'aéronefs.
- **Transport maritime** : les révisions découlent d'améliorations méthodologiques apportées au modèle relatif au transport maritime. Une source de données supplémentaire contenant des données sur les moteurs auxiliaires a été intégrée à l'OAIEM, d'où des estimations et des équations de régression plus exactes pour combler les lacunes dans les données. De plus, toutes les émissions à quai associées aux déplacements internationaux entrants se produisant en ports canadiens sont désormais déclarées dans le transport maritime international, ce qui augmente la couverture des émissions.
- **Hors route** : les révisions sont en partie dues à la migration du modèle NONROAD d'un environnement Microsoft Disk Operating System (MS-DOS) à un environnement Structured Query Language (SQL), d'où de légères améliorations à la modélisation du taux de consommation de carburant.
- **Sur route** : les révisions sont en partie dues aux données d'immatriculation des véhicules mises à jour de 2023 de Statistique Canada.

3.2.3.6. Améliorations prévues

Des améliorations sont prévues pour la catégorie des Transports. Le Tableau 8–5 en présente un résumé. À l'heure actuelle, les priorités les plus élevées sont notamment l'amélioration des estimations sur le parc de véhicules sur route et l'adoption de la dernière version de MOVES. Des mises à jour aux intrants de modélisation des émissions associées aux activités hors route sont également prévues, ce qui comprend la mise à jour des coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O et des répartitions provinciales et territoriales utilisées pour attribuer les émissions aux données sur le parc de véhicules et équipements hors route à l'échelle nationale. Des travaux sont en cours pour recompiler les données sur le déplacement des navires tirées de l'OAIEM pour mieux attribuer les émissions (nationales et provinciales).

3.2.4. Autres secteurs (catégorie 1.A.4 des TCD)

3.2.4.1. Description de la catégorie

Cette catégorie comprend trois sous-catégories : Commercial et institutionnel, Résidentiel et Agriculture, foresterie et pêches. La sous-catégorie Commercial et institutionnel comprend aussi les émissions de GES de la sous-catégorie de l'administration publique (établissements fédéraux, provinciaux et municipaux). Les émissions de GES pour ces sous-catégories proviennent de l'utilisation de combustibles, principalement pour le chauffage des locaux et de l'eau. La catégorie des Autres secteurs constitue une catégorie clé en ce qui a trait au CO_2 (voir la section 3.1.2 pour plus de précisions).

La combustion de la biomasse constitue une source importante d'émissions de GES dans la sous-catégorie Résidentiel, où le bois de chauffage est une source de chauffage principal ou d'appoint dans de nombreux foyers canadiens. La combustion du bois de chauffage émet du CO_2 ainsi que de CH_4 et de N_2O, selon la technologie. Les principaux types d'appareils de combustion de bois de chauffage en milieu résidentiel sont les poêles à bois, les foyers et les chaudières et autres appareils (p. ex., les poêles à granules). La biomasse utilisée pour produire de l'électricité représente une petite source d'émissions dans la sous-catégorie Commercial et institutionnel. Les émissions de CH_4 et de N_2O sont incluses dans les estimations de cette sous-catégorie, tandis que les émissions de CO_2 sont déclarées séparément dans les TCD comme poste pour mémoire, et n'ont pas été incluses dans les totaux du secteur de l'Énergie. Voir la section 3.5.2 pour plus de précisions.

En 2024, la catégorie Autres secteurs a produit 89,4 Mt (13 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation globale d'environ 4,0 % (3,42 Mt) depuis 1990. Dans la catégorie Autres secteurs, la sous-catégorie Commercial et institutionnel en a produit 38,5 Mt (43 %), la sous-catégorie Résidentiel, 35,5 Mt (40 %) et la sous-catégorie Agriculture, foresterie et pêches, 15,4 Mt (17 %). Depuis 1990, les émissions de GES ont augmenté de 26 % (7,97 Mt) dans la sous-catégorie Commercial et institutionnel et de 29 % (3,44 Mt) dans la sous-catégorie Agriculture, foresterie et pêches, et baissé d'environ 18 % (7,98 Mt) dans la sous-catégorie Résidentiel. Se référer au Tableau 3–6 pour plus de détails. Le Chapitre 2 présente une analyse plus approfondie des tendances relatives à la catégorie Autres secteurs.

Tableau 3–6 **Contribution des Autres secteurs aux émissions de GES**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Autres secteurs – TOTAL (1.A.4)	**86 000**	**94 200**	**103 000**	**95 300**	**92 700**	**96 300**	**90 800**	**89 400**
Commercial et institutionnel	**30 500**	**36 900**	**44 000**	**40 500**	**38 800**	**40 900**	**39 100**	**38 500**
Secteur commercial et autres secteurs industriels	26 200	32 400	38 100	35 200	33 000	35 000	33 300	32 400
Commercial et institutionnel hors route	4 310	4 510	5 890	5 290	5 790	5 860	5 870	6 020
Résidentiel	**43 500**	**44 400**	**41 800**	**39 200**	**37 900**	**39 500**	**35 900**	**35 500**
Combustion de sources fixes	43 200	43 200	40 700	38 300	36 900	38 600	35 000	34 800
Résidentiel hors route	368	1 228	1 020	960	910	840	830	760
Agriculture, foresterie et pêches	**12 000**	**12 900**	**17 100**	**15 600**	**16 000**	**16 000**	**15 800**	**15 400**
Agriculture et foresterie	2 410	2 180	3 340	3 070	3 200	3 310	3 250	3 440
Agriculture, foresterie et pêches hors route	9 570	10 740	13 760	12 510	12 840	12 680	12 520	11 970

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

3.2.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de ces catégories de sources sont calculées conformément à la méthode décrite à la section A3.1.4.1, qui est une méthode de Niveau 2 du GIEC, avec des coefficients d'émission propres au pays. Les prochaines sections présentent les questions de méthodologie propres à chaque catégorie décrites ci-après. Les émissions dues à la combustion de carburants de transport (p. ex., le carburant diesel et l'essence) sont estimées à l'aide des méthodes décrites dans la catégorie des transports (voir la section 3.2.3).

Commercial et institutionnel (catégorie 1.A.4.a des TCD)

Les estimations des émissions dans cette catégorie reposent sur les données du BDEE relatives à la consommation de carburant dans le secteur commercial et les administrations publiques. Dans le cas des gaz d'enfouissement, des gaz de digestion des boues d'épuration et des gaz de digesteur provenant des digesteurs anaérobies centralisés, ECCC recueille les volumes de production. Les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables à la combustion des gaz d'enfouissement sont comprises dans cette catégorie; les émissions de CO_2 ne sont pas comprises dans les totaux et sont déclarées séparément dans les TCD de la CCNUCC comme poste pour mémoire. Dans le cas de l'incinération des déchets à des fins de production d'énergie, ECCC recueille les quantités de consommation de déchets municipaux solides et de déchets médicaux. Se reporter à la section A3.6.3 de l'Annexe 3.6 pour plus de détails. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O liées à la combustion de la portion non biogène des déchets sont comprises, de même que les émissions de CH_4 et de N_2O liées à la combustion de la portion biogène des déchets. Les totaux de GES nationaux excluent les émissions de CO_2 de la portion biogène des déchets; ces nombres figurent séparément comme poste pour mémoire dans les TCD de la CCNUCC. Voir la section 3.5.2 pour plus de précisions.

Les émissions connexes des véhicules et de l'équipement hors route utilisés sur place sont déclarées dans la sous-catégorie des Véhicules hors route et Autre machinerie (1.A.4.a.ii) conformément à la catégorisation des TCD. Les émissions produites par l'équipement d'entretien commercial et industriel de pelouse et de jardin, l'équipement de déneigement, les pompes, les compresseurs, l'équipement de soudure et les génératrices sont également incluses dans la présente catégorie.

Résidentiel (catégorie 1.A.4.b des TCD)

Les estimations des émissions dans cette catégorie reposent sur les données relatives à la consommation de combustible déclarée pour le secteur résidentiel dans le BDEE, sauf sur celles relatives à la biomasse, qui sont recueillies par StatCan, ECCC et RNCan dans le cadre d'un relevé périodique distinct. La section A3.1.4.1.4 explique en détail la méthode de calcul de la combustion de biomasse (bois de chauffage résidentiel). Les émissions de CH_4 et de N_2O attribuable à la combustion de bois de chauffage sont incluses dans la présente catégorie, et les émissions de CO_2 sont indiquées comme poste pour mémoire, même si elles ne sont pas comptabilisées dans le total national des GES de la sous-catégorie Résidentiel (voir la section 3.5.2).

Les émissions connexes de sources mobiles des véhicules et de l'équipement hors route sont déclarées dans la sous-catégorie des Véhicules hors route et Autre machinerie (1.A.4.b.ii) conformément à la catégorisation des TCD. Les estimations des émissions produites par l'équipement d'entretien commercial et industriel de pelouse et de jardin entrent également dans la présente catégorie.

Agriculture, foresterie et pêches (catégorie 1.A.4.c des TCD)

Cette sous-catégorie englobe les émissions provenant de l'utilisation de combustibles dans les industries agricole, forestière et de pêches. Les émissions estimées pour cette catégorie, qui découlent des navires de pêche, de l'exploitation de la machinerie utilisée sur place et du chauffage, reposent sur les données relatives à la consommation de carburant figurant à la rubrique sur le transport maritime, l'agriculture et la foresterie du BDEE. Tandis que les émissions associées aux navires de pêche sont incluses ici, les émissions associées aux activités de traitement des poissons sur terre sont actuellement incluses dans la sous-catégorie Autres industries manufacturières (c.-à-d. la transformation des aliments). La section A3.1.4.2.3 de l'Annexe 3.1, Transport maritime intérieur, porte sur la méthode de réattribution des données du BDEE et estime les émissions de navires de pêche en activité dans les eaux canadiennes.

Les émissions connexes des véhicules et de l'équipement hors route utilisés sur place dans les secteurs de l'agriculture et de la foresterie sont déclarées dans la sous-catégorie des Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.4.c.ii) conformément à la catégorisation des TCD.

3.2.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré estimatif d'incertitude pour la catégorie Autres secteurs est de ±3 % pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O réunis et de ±2 % pour le CO_2 seul.

Les quantités de combustibles fossiles de départ et les coefficients d'émission de CO_2 (non relatifs à la biomasse) ont un faible degré d'incertitude, étant donné qu'il s'agit le plus souvent de combustibles commerciaux aux propriétés stables et dont les quantités peuvent être comptabilisées de manière précise, comparativement aux données sur la biomasse résidentielle. Comme il a été mentionné dans la section 3.2.1.3, de nouveaux avis d'experts permettront d'améliorer les estimations du degré d'incertitude associé au CH_4 et au N_2O pour certaines des plages d'incertitude des coefficients d'émission et des fonctions de densités de probabilité.

Ces estimations sont fondées sur la même méthodologie et cohérentes sur toute la série chronologique. La section 3.2.4.5, Recalculs, présente une analyse des données sur l'utilisation des combustibles.

3.2.4.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie des Autres secteurs sont indiquées à la section 3.1.5.

3.2.4.5. Recalculs

La révision des méthodes et des données sur les activités a permis de procéder à des recalculs et de rehausser l'exactitude des émissions dans la catégorie Autres secteurs, pour toutes les années, en raison de ce qui suit :

- les données du BDEE ont été révisées, y compris en ce qui concerne l'essence, le diesel, le mazout lourd, kérosène et pétrole de chauffage, le gaz naturel et le propane, ce qui a eu un effet sur les émissions de 1999 à 2023 (les changements aux émissions varient de +0,04 Mt en 1999 à +0,1 Mt en 2023);
- les données sur les gaz de digestion, les gaz d'enfouissement, les déchets municipaux, le bois de chauffage résidentiel et le gaz de digestion de boue ont été révisées, ce qui a eu un effet sur les émissions de l'ensemble de la série chronologique (les changements aux émissions varient de -15 kt à +7,2 kt);
- les données sur les activités des véhicules hors route entre 1990 et 2023 ont été révisées en raison de mises à jour aux aspects suivants : modèles d'émissions, données du BDEE, données sur la teneur en combustibles renouvelables et données sur les parcs de véhicules routiers. Voir la section 3.2.3.5 pour plus de précisions.

3.2.4.6. Améliorations prévues

Bien que des améliorations aient été apportées au BDEE (se reporter à la section 3.1.1), ECCC, RNCan et StatCan continueront d'œuvrer de concert pour améliorer la qualité sous-jacente du bilan énergétique national et pour subdiviser davantage les données sur l'utilisation des combustibles. Se reporter à la section 3.2.1.6 pour obtenir plus de détails sur les activités de StatCan et du Groupe de travail trilatéral sur l'énergie.

Plusieurs mises à jour aux intrants de la modélisation des émissions des véhicules et de l'équipement hors route sont également prévues. Se reporter à la section 3.2.3.6 pour plus de détails.

3.2.5. Autres (non précisé ailleurs) (catégorie 1.A.5 des TCD)

3.2.5.1. Description de la catégorie

La catégorie Autres (non précisé ailleurs) consiste en deux sous-catégories : Fixes et Mobiles. Les MPL attribuent l'utilisation de combustibles de sources mobiles par l'armée à la catégorie 1.A.5.b des TCD. Le modèle MEGESA sert à estimer les émissions dues à l'aviation militaire, tandis que l'OAIEM estime les émissions produites par le transport maritime militaire. Les émissions attribuables aux transports militaires sont comprises dans la catégorie des Transports, tandis que la consommation de carburant militaire de sources fixes est incluse dans la sous-catégorie Commercial et institutionnel (section 3.2.4), conformément aux données sur le carburant du BDEE. Voir le Tableau 3–7 pour des précisions.

Tableau 3–7 **Autres (non précisées ailleurs) contributions aux émissions de GES**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Autres (non précisé ailleurs) – TOTAL (1.A.5)	**262**	**286**	**258**	**206**	**221**	**217**	**215**	**234**
Fixes	**IE**	**IE**	**IE**	**IE**	**IE**	**IE**	**IE**	**IE**
Mobiles	**262**	**286**	**258**	**206**	**221**	**217**	**215**	**234**
Transport aérien militaire	233	259	242	184	201	195	199	219
Transport maritime militaire	28	27	15	21	21	22	16	15

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

3.2.5.2. Questions de méthodologie

Voir la section A3.1.4.2.2 pour la méthodologie relative à l'aviation et la section A3.1.4.2.3 pour celle relative au transport maritime.

3.2.5.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux émissions globales de l'utilisation de combustibles de sources mobiles par l'armée a été estimée à ±0,1 % pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O réunis.

Les méthodes et les sources de données ayant servi à générer la série chronologique étaient cohérentes, de sorte que cette dernière est cohérente.

3.2.5.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie de l'utilisation de combustibles de sources mobiles par l'armée sont indiquées à la section 3.1.5.

3.2.5.5. Recalculs

Des recalculs ont eu lieu pour la période de 2009 à 2023, car le modèle relatif au transport maritime et les données sur la teneur en combustibles renouvelables ont été mis à jour. Voir la section 3.2.3.5 pour des précisions.

3.2.5.6. Améliorations prévues

À l'heure actuelle, aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie.

3.2.6. Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence (catégories 1.A[b] et 1.A.[c] des TCD)

L'analyse de la méthode de référence et de la méthode sectorielle est expliquée en détail à l'Annexe 4. Un résumé des résultats se trouve au Tableau A4–1.

3.2.7. Matières premières et utilisation des combustibles à des fins non énergétiques (catégorie 1.A[d] des TCD)

Outre la combustion en vue de la production de chaleur ou de travail, les combustibles fossiles servent à des fins non énergétiques, par exemple réduire le minerai de fer, fabriquer des cires, des solvants et des lubrifiants, et comme matières premières, notamment pour produire de l'engrais, du caoutchouc, du plastique et des fibres synthétiques. Les émissions provenant de l'utilisation de combustibles fossiles à des fins non énergétiques sont incluses dans le secteur des Procédés industriels et de l'utilisation de produits (Chapitre 4 du présent rapport).

3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B des TCD)

Les émissions fugitives de combustibles fossiles sont des rejets volontaires ou involontaires de GES provenant de la production, de la transformation, de la transmission, du stockage et de la livraison des combustibles fossiles.

Les émissions fugitives incluent les gaz rejetés qui sont brûlés avant d'être éliminés (p. ex., le torchage du gaz naturel dans les installations de production de pétrole et de gaz). Toutefois, les émissions de combustion associées avec la chaleur produite pour être utilisée à l'interne (p. ex., pour le chauffage) ou vendue sont déclarées dans la catégorie appropriée de combustion d'un combustible.

Les deux sous-catégories de la catégorie 1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles sont les suivantes : 1.B.1 Combustibles solides, qui représente les émissions fugitives associées à l'industrie de l'exploitation de la houille (mines de charbon actives et abandonnées) et 1.B.2 Pétrole et gaz naturel, qui englobe les activités liées à l'industrie du pétrole et du gaz naturel.

En 2024, les Émissions fugitives imputables aux combustibles ont représenté 66 Mt (9,6 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une croissance de 0,4 % (0,25 Mt) depuis 1990. Les émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel ont augmenté de 3,3 % (2,0 Mt), et celles des combustibles solides ont diminué de 57 % (-1,8 Mt) depuis 1990. Les activités de production, de transformation, de transport et de distribution du pétrole et du gaz représentaient 98 % des émissions fugitives. Se reporter au Tableau 3–8 pour plus de renseignements.

Tableau 3–8 **Contribution des émissions fugitives de GES**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Émissions fugitives imputables aux combustibles – TOTAL (1.B)	**66 000**	**100 000**	**85 000**	**74 000**	**74 000**	**68 000**	**66 000**	**66 000**
Combustibles solides – exploitation de la houille (1.B.1)	**3 200**	**1 500**	**1 600**	**1 400**	**1 400**	**1 400**	**1 600**	**1 400**
Souterraines – Activités d'exploitation minière	1 700	100	190	80	I	20	150	NO
Mines souterraines abandonnées	210	190	70	120	110	100	120	90
De surface – Activités d'exploitation minière	1 300	1 300	1 400	1 200	1 300	1 300	1 400	1 300
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	**63 000**	**98 000**	**84 000**	**72 000**	**73 000**	**67 000**	**64 000**	**65 000**
Pétrole[a]	4 700	7 300	8 100	5 800	5 900	5 900	5 900	6 000
Gaz naturel[a]	11 000	13 000	9 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000
Évacuation[b]	42 000	72 000	61 000	51 000	51 000	45 000	42 000	42 000
Torchage[b]	5 370	5 550	6 300	6 900	7 700	7 670	7 840	8 410

Notes :
I = Inexistant
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
a. Toutes les autres émissions fugitives sauf celles de l'évacuation et du torchage.
b. Pour les activités pétrolières et gazières.

3.3.1. Combustibles solides (catégorie 1.B.1 des TCD)

3.3.1.1. Description de la catégorie

Les émissions fugitives du Canada provenant de la catégorie des combustibles solides comprennent les mines de charbon à ciel ouvert et souterraines actives ainsi que les mines souterraines abandonnées. Les émissions attribuables à la combustion dans la catégorie 1.A.2.a des TCD comprennent les émissions fugitives de la production de coke (torchage). Les autres sources d'émissions attribuables à la transformation des combustibles solides ne sont pas significatives et portent la mention « non estimées », conformément aux MPL. La catégorie des Émissions fugitives imputables aux combustibles solides constitue une catégorie clé en ce qui a trait au CH_4 (voir la section 3.1.2 pour des précisions).

Extraction et manutention du charbon

Les sources d'émission de CH_4 liées à l'extraction du charbon comprennent les surfaces de charbon exposées, les blocs de charbon et l'évacuation par les gisements de même que les activités post-extraction, comme la préparation, le transport, le stockage et la transformation finale avant la combustion. En 2024, les émissions des mines actives à ciel ouvert ont contribué à 93 % (1,3 Mt). Aucune mine de charbon souterraine n'était en activité en 2021 et en 2024.

Mines souterraines abandonnées

Les mines de charbon souterraines abandonnées sont des sites où l'extraction active du charbon et la gestion de l'évacuation ont cessé, mais où des émissions fugitives de méthane continuent d'être rejetées. Au Canada, les émissions des mines abandonnées représentaient environ 94 kt d'éq. CO_2 en 2024.

Transformation des combustibles solides

Les transformations des combustibles solides comprennent des activités comme la production de briquettes de charbon ou de charbon activé, à partir du charbon. Il n'y a qu'une seule installation au Canada qui réalise cette activité et des données fiables n'étaient accessibles que pour une année lorsque le pic de production des usines atteignait 100 kt. Si les valeurs de CE par défaut du GIEC de 1 570 g de CO_2/kg et de 40,3 g de CH_4/kg tirées de Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2019, vol. 4, chap. 4.3.2.1, p. 4.103) étaient utilisées, cette source produirait environ 260 kt d'éq. CO_2. Cette quantité est inférieure au seuil déclaré de 0,05 % des émissions totales du Canada et inférieure à 500 kt d'éq. CO_2; ainsi, conformément aux dernières exigences des MPL, la mention « NE » est déclarée dans les TCD pour cette source.

3.3.1.2. Questions de méthodologie

Extraction et manutention du charbon

King (1994) a dressé un inventaire des émissions fugitives attribuables aux exploitations houillères, lequel fournit les bases de certaines des estimations des émissions fugitives provenant de l'extraction du charbon. La division des émissions estimées de King (1994) par les données connues sur la production de charbon a permis d'obtenir les coefficients d'émission appropriés, qui sont présentés à la section A3.2.1.1 Exploitation de la houille.

King (1994) a estimé les taux d'émission de l'extraction du charbon à l'aide d'une méthode modifiée du Conseil consultatif de l'industrie du charbon. Il s'agit d'une version hybride des méthodes de Niveau 2 et de Niveau 3 du GIEC, selon l'existence des données propres à une mine en particulier. En raison du manque de données, les émissions provenant des activités post-extraction ne peuvent pas être déclarées séparément, mais sont incluses dans les estimations des activités de mines souterraines et à ciel ouvert. La section A3.2.1 Combustibles fossiles comprend une description plus détaillée de la méthodologie.

À la fin février 2014, une campagne d'analyses sur le terrain visant à mesurer les émissions fugitives de CH_4, de CO_2 et de COV a été menée à quatre mines de charbon :

- **Sites 1 et 2** : deux mines de charbon subbitumineux dans le centre de l'Alberta;
- **Site 3** : une mine de charbon bitumineux dans le nord-est de la Colombie-Britannique;
- **Site 4** : une mine de charbon bitumineux dans le nord-ouest de l'Alberta.

Les émissions de CH_4 ont été mesurées à distance au moyen d'un MPTS (Mobile Plume Transect System) au sol et d'essais au traceur afin de définir les volumes et les sources ponctuelles (Cheminfo Services and Clearstone Engineering, 2014). Le coefficient d'émission de CH_4 de 7 des 23 mines productrices au Canada a été mis à jour grâce à cette campagne d'analyse sur le terrain. L'Annexe 3.2 comprend une description détaillée de la méthodologie.

Il n'y avait pas d'émissions de CO_2 associées aux activités de torchage ou de drainage dans les mines du Canada.

Mines souterraines abandonnées

Les Lignes directrices 2006 du GIEC proposent un ensemble de paramètres et d'équations pour l'estimation des émissions provenant des mines de charbon abandonnées. Les estimations ont été produites au moyen d'une version hybride des méthodes de Niveau 3 et de Niveau 2 du GIEC. Les coefficients et les taux d'émission de Niveau 3 utilisés pour les estimations sont des valeurs propres aux mines qui, actuellement, sont aussi utilisées pour estimer les émissions fugitives de l'extraction de charbon dans les mines actives. Les données sur les activités intégrées au modèle proviennent de ministères et d'organismes provinciaux.

Les taux d'émission de méthane suivent des courbes de réduction dépendantes du temps (GIEC, 2006) influencées par divers facteurs. Parmi ceux-ci, les plus importants sont :

- le temps écoulé depuis l'abandon
- le type de charbon et les caractéristiques d'absorption des gaz
- l'inondation des mines
- les caractéristiques d'écoulement du méthane de la mine
- les ouvertures et les restrictions telles que les évents et les structures de scellement

Les changements au nombre de mines abandonnées et les effets de la courbe de réduction appliquée régissent les variations annuelles des émissions. Se reporter à l'Annexe 3.2 (Méthodologie pour les émissions fugitives résultant de production, de la transformation, du transport et de la distribution de combustibles fossiles) pour une description détaillée de la méthodologie.

3.3.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Extraction et manutention du charbon

Le degré d'incertitude des émissions fugitives de CH_4 des mines de charbon est estimé se situer entre -30 % et +130 % (ICF Consulting, 2004). Le degré d'incertitude des données de production est faible (±2 %), tandis que celui des coefficients d'émission est élevé (de -50 % à +200 %). En l'absence de données ou d'étude particulières, les coefficients d'émission propres au Canada sont établis en fonction des valeurs d'incertitude par défaut du GIEC.

Mines souterraines abandonnées

Le degré d'incertitude présumé associé aux estimations des émissions provenant des mines de charbon abandonnées est la valeur de -50 % à +200 % par défaut du GIEC (2006).

3.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie des Combustible solides sont indiquées à la section 3.1.5.

3.3.1.5. Recalculs

Extraction et manutention du charbon

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

Mines souterraines abandonnées

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

3.3.1.6. Améliorations prévues

Extraction et manutention du charbon

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle. Toutefois, l'Université de Colombie-Britannique procède à des mesures sur le terrain des installations situées au sud-est de la province pour étayer les mises à jour des méthodes d'estimation des GES propres à la mine. Cette recherche devrait prendre quelques années. Selon les découvertes qui en ressortiront, il se pourrait que de nouveaux CE servent à des fins d'inventaire ou d'utilisation directe par les mines ayant participé à l'étude pour améliorer l'exactitude des estimations de leurs émissions de GES.

Mines souterraines abandonnées

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

3.3.2. Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 des TCD)

3.3.2.1. Description de la catégorie

Les émissions fugitives de la catégorie du Pétrole et du gaz naturel englobent les émissions attribuables à la production et à la transformation du pétrole et du gaz naturel, à l'exploitation des sables bitumineux, à l'extraction du bitume, à la production de bitume in situ, à la valorisation du pétrole et du bitume lourd, aux puits de pétrole et de gaz abandonnés, au raffinage du pétrole, au transport, au stockage et à la distribution du gaz naturel ainsi qu'aux fuites en aval du compteur découlant de la consommation de gaz naturel. Les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles dans les installations de l'industrie du pétrole et du gaz (utilisés à des fins énergétiques) sont comprises dans les sous-catégories Raffinage du pétrole, Fabrication des combustibles solides et autres industries énergétiques et Transport par pipeline. Les catégories Émissions fugitives imputables aux combustibles, Pétrole et gaz naturel et Émissions fugitives imputables aux combustibles, Évacuation et torchage constituent des catégories clés en ce qui a trait au CH_4 et au CO_2 dans le premier cas et au CH_4 dans le second (voir la section 3.1.2 pour des précisions).

La catégorie du pétrole et du gaz naturel comporte trois composantes principales : pétrole et gaz en amont (PGA), bitume et sables bitumineux, et pétrole et gaz en aval.

Pétrole et gaz en amont

Le Pétrole et gaz en amont comprend toutes les émissions fugitives attribuables à l'exploration, à la production, à la transformation et au transport du pétrole et du gaz naturel, à l'exception des émissions de l'exploitation des sables bitumineux, et des activités de valorisation du pétrole et du bitume lourds. Les émissions peuvent être le fait de fuites du matériel d'exploitation (robinets de purge, équipements pneumatiques alimentés aux gaz de combustion), de joints défectueux (brides et soupapes), d'accidents, de déversements et de rejets délibérés.

Les sources d'émissions font partie de ces grands groupes :

Forage des puits de pétrole et de gaz et essais connexes : le forage de puits de pétrole et de gaz est une source d'émissions mineure. Les émissions proviennent des essais en cours de forage, du rejet des gaz contenus dans les boues légères de forage et de la volatilisation des boues lourdes de forage.

Entretien des puits de pétrole et de gaz et essais connexes : l'entretien des puits constitue aussi une source mineure d'émissions fugitives, qui proviennent principalement de l'évacuation et du torchage. Les émissions provenant de l'utilisation de combustibles aux fins de l'entretien des puits et des essais connexes sont incluses dans les émissions d'Utilisation de combustibles. Les émissions attribuables à l'évacuation et au torchage sont divisées en trois types d'activités d'entretien : l'entretien non classique (c.-à-d. la fracturation hydraulique), l'entretien classique (p. ex., les réparations et les inspections des puits, les activités de cimentation) et les traitements de purge dans les puits de gaz naturel peu profonds. Même si les volumes brûlés à la torche et évacués sont déclarés directement aux responsables de la réglementation provinciale, les sources de données provinciales n'attribuent pas toujours les volumes consignés au bon sous-secteur. Par exemple, les émissions provenant de la complétion de puits qui résultent du reflux aux puits soumis à une fracturation hydraulique peuvent être déclarées aux phases du forage, de l'entretien, des essais ou de la production. Il est présumé notamment que les émissions fugitives attribuables à des fuites d'équipements ne sont associées à aucun risque important et qu'elles sont négligeables d'après les essais de débit libre.

Production de gaz naturel : la production de gaz naturel se fait exclusivement dans des puits de gaz ou parallèlement à l'exploitation de puits de pétrole, de pétrole lourd et de bitume naturel dotés de dispositifs de conservation du gaz. Les sources d'émissions attribuables à la production de gaz naturel sont les puits, les systèmes de collecte, les installations de champ et les batteries gazières. La majeure partie des émissions est due à des fuites d'équipements, comme les fuites des joints. Toutefois, les rejets provenant du gaz qui sert à l'alimentation des équipements pneumatiques et aux opérations de nettoyage des conduites sont également des sources importantes.

Production de pétrole léger et moyen : les pétroles légers et moyens ont une densité inférieure à 900 kg/m^3. Les émissions fugitives proviennent des puits, des conduites d'écoulement ou des batteries gazières (simples, satellites ou centrales). Les principales sources d'émissions sont l'évacuation des gaz dissous et les pertes des réservoirs de stockage.

Production de pétrole lourd : le pétrole lourd a une densité supérieure à 900 kg/m^3. Sa production exige des infrastructures spécialisées. Il existe en général deux types de systèmes de production de pétrole lourd : les systèmes primaires et les systèmes thermiques. Les sources d'émissions des deux types sont les puits, les conduites d'écoulement, les batteries gazières (simples et satellites) et les installations d'épuration. La principale source est l'évacuation des gaz dissous et des tubages.

Production de bitume in situ : le bitume naturel est un liquide dense et extrêmement visqueux qu'il est impossible d'extraire d'un puits par des moyens de production primaires. Il faut un procédé amélioré de récupération pour récupérer les hydrocarbures du gisement (p. ex., la méthode de production à froid de pétrole lourd avec sable, l'injection cyclique de vapeur, la stimulation, le drainage par gravité au moyen de vapeur et des méthodes expérimentales, telles que l'injection pneumatique par dispositif de puits horizontal et vertical, l'injection de vapeur de solvant et le drainage par gravité au moyen de combustion dans des puits verticaux). Les sources d'émission sont les puits, les conduites d'écoulement, les batteries gazières et les installations d'épuration. La principale source des émissions est l'évacuation des gaz des tubages.

Traitement du gaz naturel : le traitement du gaz naturel se fait avant qu'il pénètre dans les conduites de transport et sert à en éliminer la vapeur d'eau, les contaminants et les hydrocarbures condensables. Il existe quatre types d'installations de gaz naturel différentes : les installations de gaz non sulfureux, les installations de gaz sulfureux qui procèdent au torchage des gaz de combustion, les installations de gaz sulfureux qui procèdent à l'extraction du soufre élémentaire et les installations de chevauchement. Les installations de chevauchement sont situées le long des conduites de transport et elles procèdent à la récupération des hydrocarbures résiduaires. Leur structure et leur fonction sont similaires à celle d'autres usines de gaz. Les fuites des équipements sont la principale source des émissions.

Transport du gaz naturel : la quasi-totalité du gaz naturel produit au Canada est transportée par gazoduc depuis les usines de transformation jusqu'aux réseaux locaux de distribution. Les volumes transportés par camion sont faibles et considérés comme négligeables. Les sources des émissions des systèmes de transport du gaz comprennent les fuites des équipements et les conduites d'évacuation. Les émissions des conduites d'évacuation englobent les émissions de diverses activités comme le démarrage du compresseur et la purge des conduites pour l'entretien. Les fuites des équipements sont la principale source des émissions.

Transport de produits liquides : le transport de produits liquides depuis les installations de transformation sur place jusqu'aux raffineries ou aux distributeurs génère des émissions attribuables au chargement et au déchargement des camions-citernes, aux pertes en cours de stockage, aux fuites des équipements et aux conduites d'évacuation. Parmi les produits transportés figurent les gaz de pétrole liquéfiés (GPL) (transportés par voie de surface et dans des gazoducs à forte pression de vapeur), les pentanes et homologues supérieurs (transportés par voie de surface et par des oléoducs à faible pression de vapeur) et le pétrole brut.

Accidents et défaillances d'équipements : les émissions fugitives peuvent dépendre d'une erreur humaine ou de défectuosités ponctuelles des équipements dans tous les segments de l'industrie du PGA classique. Les principales sources d'émission sont notamment les ruptures de canalisations, les explosions des puits et les déversements. Les émissions découlant de l'élimination et de l'épandage sur les sols des déversements ne sont pas comprises, faute de données suffisantes.

Systèmes de purge des tubages de surface et migration des gaz : dans certains puits, les liquides du gisement avoisinant pénètrent dans les tubages de surface. Les liquides peuvent être recueillis, scellés dans le tubage, brûlés par torchage ou évacués. Dans certains puits, en particulier dans la région de Lloydminster (Alberta), du gaz peut s'échapper à l'extérieur du puits à cause d'une fuite dans la colonne d'extraction ou s'échappant d'une zone gazière. Les émissions de gaz qui s'échappe à la surface par les couches avoisinantes ont été estimées.

Puits de pétrole et de gaz abandonnés

Les puits de pétrole et de gaz doivent être bouchés à l'aide de ciment avant leur abandon pour prévenir les fuites de gaz du puits et la migration du pétrole et du gaz vers les couches avoisinantes. Malgré la réglementation sur l'abandon des puits, il existe des puits qui n'ont pas été déclassés de façon appropriée. Plusieurs raisons expliquent cette situation, notamment l'abandon avant l'adoption d'un règlement et la faillite du propriétaire du puits. Bien que des émissions s'échappent des puits bouchés et non bouchés, les émissions provenant de puits non bouchés sont considérablement plus élevées que celles des puits bouchés. Le Tableau 3–9 contient les estimations des émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés.

Tableau 3–9 **Émissions de GES provenant de Puits de pétrole et de gaz abandonnés**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Puits de pétrole et de gaz abandonnés	**190**	**370**	**550**	**550**	**540**	**500**	**510**	**510**
Puits de pétrole abandonnés[a]	80	130	180	180	180	180	180	180
Puits de gaz abandonnés[b]	110	240	370	360	360	330	330	330

Notes :
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
a. Inclus dans la catégorie 1.B.2.a des TCD – Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Pétrole
b. Inclus dans la catégorie 1.B.2.b des TCD – Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Gaz naturel

Bitume et sables bitumineux

Cette composante englobe les émissions des installations d'extraction à ciel ouvert et de valorisation du pétrole et bitume lourd en vue de produire du pétrole brut synthétique et d'autres produits dérivés destinés à la vente. Les émissions fugitives sont avant tout attribuables à la production d'hydrogène, à la désulfuration des gaz de combustion (DGC), à l'évacuation et au torchage, aux fuites lors du stockage et de la manutention, aux fuites fugitives des équipements, et au CH_4 provenant des mines à ciel ouvert et des bactéries méthanogènes dans les bassins de décantation des résidus miniers.

Pétrole et gaz en aval

Les émissions de Pétrole et gaz en aval comprennent l'ensemble des émissions fugitives issues du raffinage du pétrole et la distribution du gaz naturel aux utilisateurs finaux, notamment les émissions fugitives au lieu de consommation (émissions fugitives en aval du compteur). Les émissions déclarées s'inscrivent dans trois groupes principaux décrits ci-après.

Raffinage du pétrole : les émissions fugitives issues du raffinage consistent en trois principales sources : les rejets volontaires (procédés d'évacuation), les rejets involontaires et le torchage. Les sources d'émissions fugitives volontaires englobent les procédés comme le rejet de CO_2 durant la production d'hydrogène et les autres activités de raffinage. Les émissions fugitives accidentelles sont dues à des fuites d'équipement, au traitement des eaux usées, aux tours de refroidissement, aux réservoirs de stockage et aux opérations de chargement. Les émissions attribuables au torchage résultent de la combustion des gaz dangereux (comme les gaz corrosifs et les gaz de distillation) à l'aide de gaz naturel. Les émissions de GES attribuables à l'utilisation de combustibles à des fins énergétiques sont déclarées dans la catégorie des Industries énergétiques.

Distribution du gaz naturel : le réseau de distribution du gaz naturel reçoit du gaz à haute pression à l'entrée du réseau de transport, en réduit la pression et le distribue aux utilisateurs finaux par des conduites maîtresses et des branchements souterrains de gaz. Les émissions sont attribuables notamment aux fuites des gazoducs, des stations de comptage, des postes régulateurs, des gazoducs endommagés, des compteurs et du stockage de surface à court terme.

Émissions fugitives en aval du compteur : ce segment comprend les émissions fugitives en aval des compteurs de gaz du secteur résidentiel-commercial-industriel et des véhicules alimentés au gaz naturel. Ces émissions sont attribuables aux fuites de la tuyauterie interne et à l'extrémité des appareils dotés de tuyaux (p. ex., équipement de chauffage, chauffe-eau, cuisinières et sécheuses). Les émissions provenant de pertes liées à la marche et à l'arrêt d'appareils et de la combustion de gaz sont exclues, car elles font partie des estimations d'émission attribuables à l'utilisation de combustible. Les émissions attribuables aux véhicules alimentés au gaz naturel comprennent les émissions libérées lors du remplissage et de la vidange des bouteilles de gaz dans des unités d'entreposage provisoire à haute pression pour la vérification de la pression, et celles produites par les réservoirs à carburant des véhicules lors de la vérification de la pression ou la mise hors service. Le Tableau 3–10 présente les estimations d'émission attribuables aux émissions fugitives en aval du compteur.

Tableau 3–10 **Émissions de GES attribuables aux émissions fugitives en aval du compteur**

Catégorie de la source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Émissions fugitives en aval du compteur[a]	**1 200**	**1 700**	**2 000**	**2 000**	**2 000**	**2 100**	**2 100**	**2 200**
Appareils au gaz naturel des secteurs résidentiel et commercial	1 000	1 400	1 600	1 600	1 700	1 700	1 700	1 700
Véhicules alimentés au gaz naturel	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Centrales électriques et installations industrielles utilisant le gaz naturel	250	260	330	330	350	380	400	430

Notes :
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
a. Émissions comprises dans la catégorie 1.B.2.b des TCD : Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Gaz naturel

3.3.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions fugitives issues des systèmes de traitement du Pétrole et du gaz naturel sont estimées à l'aide de plusieurs méthodes selon la source d'émission et le fait que les données existent ou non dans la province ou le territoire. En général, les méthodes suivent l'une des formules ci-dessous :

Estimations directes ou déclarées : dans la mesure du possible, les données volumétriques déclarées par les installations et la composition détaillée des gaz servent à calculer directement les émissions, sinon les émissions déclarées par les installations sont regroupées et intégrées aux estimations de l'inventaire. Cette méthode s'emploie dans les secteurs du Pétrole et gaz en amont (PGA) et en aval à des degrés divers.

Modélisation : faute de données déclarées par les installations, les émissions sont modélisées à partir des données annuelles sur les activités et des coefficients d'émission. Cette méthode s'emploie pour certaines sources du secteur du PGA, en plus des puits abandonnés et des émissions fugitives en aval des compteurs.

Mesures aériennes : les inventaires d'émissions de méthane de source déterminée obtenus à partir de mesures aériennes servent de base à l'estimation des émissions de sources clés dans le secteur du PGA.

Interpolation et extrapolation : les émissions sont interpolées ou extrapolées à partir d'études d'inventaire approfondies pour les années sans données d'inventaire détaillées, et ce, selon les fluctuations de plusieurs données sur les activités. Cette méthode s'emploie dans l'ensemble des sources, sous-secteurs, provinces et territoires où les trois autres méthodes ne conviennent pas.

Pétrole et gaz en amont

Les estimations directes, la modélisation, les mesures aériennes et l'interpolation et extrapolation sont toutes employées pour estimer les émissions du secteur du PGA.

Estimation directe : cette méthode s'applique aux émissions associées à l'évacuation et au torchage et déclarées par l'Alberta, la Saskatchewan et la Colombie-Britannique, ainsi qu'à celles associées au torchage en milieu extracôtier et déclarées par Terre-Neuve-et-Labrador (se reporter à la section A3.2.2.1.2).

Modélisation : cette méthode sert à estimer les émissions provenant des dispositifs pneumatiques, des joints d'étanchéité de compresseurs et des fuites l'équipement en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. L'approche de modélisation ne permet pas d'estimer les émissions fugitives pour chaque installation du secteur du PGA, mais pour des segments de l'industrie regroupés par province et type d'installation. Les émissions sont modélisées pour des types propres aux installations, notamment les batteries, les stations de compression et les usines de traitement de gaz. Les installations sont ensuite divisées par sous-type (p. ex., batterie à puits unique, batterie à puits multiples) et type de produit (p. ex., pétrole brut léger et moyen, pétrole brut lourd, gaz naturel). Tous les sites de puits actifs sont également inclus.

Cette méthode facilite l'amélioration continue par l'entremise des révisions des données d'origine et des paramètres des modèles, comme les CE pour des sous-types propres aux installations, des types de produits ou des régions à mesure que de nouveaux renseignements sont disponibles. Compte tenu des données fiables, des changements aux pratiques de l'industrie ou à la politique gouvernementale pourraient également être reflétés annuellement. Les émissions imputables à l'évacuation de gaz par le tubage de surface en Alberta et en Colombie-Britannique sont également modélisées à partir des données provinciales. Pour une description complète des émissions fugitives du PGA modélisées, voir les sections A3.2.2.1.3 et A3.2.2.1.4.

Mesures aériennes : des inventaires de méthane de source déterminée servent à estimer les émissions provenant des réservoirs de stockage, des bâtiments de compresseurs et des torches éteintes en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan; des abris à moteur en Alberta et en Saskatchewan; et des têtes de puits en Saskatchewan. L'estimation des émissions de méthane fondée sur les mesures a été mise au point par l'Energy and Emissions Research Laboratory (EERL) de l'Université Carleton, à partir des résultats des campagnes de mesure réalisées par aéronef en 2020 en Saskatchewan, en 2021, 2023 et 2024 dans les trois provinces de l'Ouest (Conrad, 2023a, b; Johnson et al., 2023; EERL, 2025). Pour une description complète de la manière dont les mesures aériennes sont intégrées dans l'inventaire, voir la section A3.2.2.1.5.

Interpolation et extrapolation : cette méthode sert pour toutes les autres sources d'émissions du PGA et provinces et territoires non discutées ci-dessus. Des études d'inventaire détaillées relatives au PGA pour les années 2000, 2005 et 2011 constituent la base de l'interpolation et de l'extrapolation des émissions de toutes années restantes dans la série chronologique.

Pour les émissions fugitives interpolées ou extrapolées dans le secteur de l'Industrie amont du pétrole et du gaz classique, des renseignements tirés de deux études distinctes qui respectent la même méthodologie sont utilisés : une étude réalisée par l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) et intitulée *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H_2S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (CAPP, 2005), appelée l'étude de l'ACPP dans le présent document, et une mise à jour de cet inventaire en 2014 par Clearstone Engineering Ltd. pour Environnement Canada, appelée l'étude sur le PGA (EC, 2014).

L'étude de l'ACPP a fourni un inventaire approfondi des émissions attribuables à l'industrie du PGA pour l'année 2000. De même, l'étude sur le PGA estime les émissions des années 2005 et 2011. Pour les deux études, les inventaires d'émissions respectifs utilisaient une évaluation ascendante de Niveau 3 du GIEC, qui consistait à commencer l'évaluation à l'échelle des installations et des unités de traitement individuelles et à regrouper les résultats afin d'obtenir des estimations des émissions par installation et par région géographique. Les actifs et les activités du secteur du PGA canadien sont vastes. Par conséquent, l'inventaire des émissions de 2011 a visé quelque 300 000 puits pétroliers et gaziers exploitables, 14 100 installations produisant du gaz pour plus de 5 000 systèmes de collecte reliés à près de 750 usines à gaz, et 24 000 installations pétrolières fournissant 150 terminaux de stockage, tous interreliés par des dizaines de milliers de kilomètres de pipelines transportant les hydrocarbures entre les puits, les installations et les usines, avant de les acheminer aux marchés. L'inventaire comprend les estimations des émissions attribuables au torchage, à l'évacuation, aux fuites des équipements, aux rejets de CO_2 des gisements, aux pertes durant l'entreposage, aux pertes durant le chargement et le déchargement, et aux rejets accidentels.

Les deux études permettaient de recueillir et d'utiliser des quantités considérables de données, notamment le nombre et le type d'installations actives et les données sur les activités des installations, comme les volumes de gaz produits, évacués et torchés. Un inventaire des équipements a été dérivé en fonction de l'aménagement typique des installations et du nombre moyen d'équipements par type d'installation. Les coefficients d'émission de l'étude proviennent de diverses sources : rapports publiés, données fournies par les fabricants d'équipements, valeurs observées de l'industrie, débits d'évacuation mesurés, programmes de simulation et autres études de l'industrie. Le volume 5 de l'étude de l'ACPP (ACPP, 2005) et le volume 4 de l'étude sur le PGA (EC, 2014) donnent une liste des données et des coefficients d'émission.

Les émissions fugitives relatives à la période 1990–1999 ont été estimées à partir des données annuelles sur les activités et des résultats pour les émissions de l'an 2000. Le volume 1 de l'étude de l'ACPP présente les estimations de 1990–1999 et la méthode. Les émissions fugitives pour la période 2001–2004 ont été estimées d'après les résultats de 2000 (ACPP, 2005) et de 2005 (EC, 2014) ainsi que d'après les données d'activité annuelles de l'industrie et des méthodes d'interpolation. De même, les émissions pour 2006–2010 ont été estimées d'après les résultats de 2005 et 2011 (EC, 2014) ainsi que d'après les données d'activité annuelles de l'industrie et des méthodes d'interpolation. À partir de 2012, les résultats pour les émissions de 2011 (EC, 2014) sont utilisés conjointement avec les données d'activité annuelles pour estimer les émissions. La section A3.2.2.1.1 de l'Annexe 3 fournit une description plus détaillée de la méthodologie d'interpolation et d'extrapolation.

Puits de pétrole et de gaz abandonnés

Les émissions attribuables aux puits abandonnés sont modélisées selon la méthode de Niveau 2 du GIEC. Les coefficients d'émission du CH_4 sont entièrement calculés à l'aide des émissions mesurées des puits canadiens. Les coefficients d'émission propres à chaque province sont utilisés pour les puits abandonnés en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario et au Québec (Klotz et al., 2025). Dans les autres provinces et les territoires, les coefficients d'émission généraux pour le Canada sont également tirés de l'étude de Klotz (Klotz et al., 2025). Le dénombrement annuel des puits abandonnés est déterminé à l'aide des bases de données provinciales. Se reporter à la section A3.2.2.6 de l'Annexe 3, pour obtenir plus de détails.

Transport et stockage du gaz naturel

Prises ensemble, les émissions déclarées et l'interpolation ou l'extrapolation servent à estimer les émissions imputables au transport et au stockage du gaz naturel. Les émissions fugitives attribuables à l'évacuation, au torchage et aux déversements ou ruptures de pipelines dans le secteur du transport du gaz naturel pour la période 1990–1996 sont tirées de l'étude intitulée *CH_4 and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry* (CAPP, 1999). Cette étude adopte rigoureusement une approche de Niveau 3 du GIEC pour estimer les émissions de GES. Les émissions fugitives pour 1997–1999 sont dérivées en se basant sur la longueur des gazoducs et les taux d'émission établis à l'aide des résultats de l'étude originale. À partir de l'an 2000, les émissions sont fondées sur les données de l'étude sur le PGA (EC, 2014), en fonction d'une méthode de Niveau 3 du GIEC visant à compiler les émissions de GES déclarées par les entreprises de gaz naturel individuelles. ORTECH Consulting Inc. (2013) a compilé les données sur les émissions pour l'industrie du transport et du stockage du gaz naturel pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI). Le CEPEI a fourni les données pour les périodes 2000–2004, 2006–2010 et 2012–2024, selon une approche de Niveau 3 du GIEC.

Entre 2004 et 2011 et à partir de 2015, les émissions dues aux fuites des équipements, aux joints d'étanchéité de compresseurs et aux appareils pneumatiques sont estimées selon la méthode décrite au paragraphe précédent. Pour la période allant de 1990 à 2003, les émissions sont fondées sur l'ACPP (1999) avec des estimations révisées des fuites des équipements pour l'année 1995, et une combinaison d'approches d'interpolation et d'extrapolation. Les émissions provenant des fuites des équipements, des joints d'étanchéité de compresseurs et des appareils pneumatiques sont également interpolées pour la période de 2012 à 2014, ce qui permet de résoudre des problèmes de cohérence méthodologique précis dans les données déclarées par le CEPEI. La méthodologie complète est décrite dans la section A3.2.2.2.

Bitume et sables bitumineux

Les émissions fugitives de GES attribuables à l'exploitation des sables bitumineux, à l'extraction de bitume et à la valorisation du pétrole/bitume lourd sont calculées à l'aide de deux rapports :

- *An Inventory of GHGs, CACs and H_2S Emissions by the Canadian Bitumen Industry: 1990 to 2003* (ACPP, 2006), préparé par Clearstone Engineering Ltd. (ci-après appelé l'étude sur le bitume)
- *An Inventory of GHGs, CACs and Other Priority Emissions by the Canadian Oil Sands Industry: 2003 to 2015* (ECCC, 2017a), préparé par Clearstone Engineering Ltd. (ci-après appelée l'étude sur les sables bitumineux)

Chaque exploitant de l'industrie de l'extraction et de la valorisation des sables bitumineux s'est servi de l'approche de Niveau 3 du GIEC pour élaborer une estimation des émissions détaillée. Un examen des inventaires des installations a permis de s'assurer que toutes leurs estimations étaient complètes, exactes et transparentes. Les études d'AQ/CQ terminées et une analyse d'incertitude étaient conformes aux Recommandations du GIEC (GIEC, 2000).

L'étude sur le bitume (ACPP, 2006) est la source des données utilisées pour le calcul des estimations des émissions fugitives pour la période 1990–2003, et l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017a) est la source des estimations des émissions fugitives pour la période 2004–2024. Un modèle d'estimation pour les sables bitumineux (ci-après appelée le modèle des sables bitumineux) permet de faire des mises à jour annuelles des émissions fugitives provenant de l'extraction des sables bitumineux et des activités de valorisation du pétrole lourd et du bitume pour 2003 et au-delà. Le modèle des sables bitumineux a été élaboré à l'aide des paramètres et des résultats pertinents de l'étude sur les sables bitumineux, de même que des données annuelles sur ses activités. Les données sur les activités nécessaires à l'utilisation de ce modèle proviennent des sources suivantes : *Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics* de l'Alberta Energy Regulator (AER, 1990-) et les rapports annuels de l'usine de valorisation de Lloydminster (Cenovus, 2021; Husky, 1998-2019). La section A3.2.2.5 présente un résumé de la méthode d'estimation du modèle des sables bitumineux.

Les émissions des installations d'exploitation des sables bitumineux non incluses dans le modèle sur les sables bitumineux, comme celles de Horizon Liquid Extraction Plant et de Fort Hills Mine, ont été estimées à l'aide des coefficients d'émission établis pour des installations de même nature ou des données sur les émissions déclarées au PDGES. Se reporter à la section A3.2.2.5 pour obtenir plus de détails.

L'installation de valorisation de Scotford exploitée par Shell Canada Energy a commencé à capturer les émissions de CO_2 émises par son usine de production d'hydrogène en 2015. Les estimations des émissions de CO_2 résultant de l'évacuation pour cette installation ne comprennent pas le CO_2 capté qui a été transporté et injecté dans un site de stockage.

Production en aval de pétrole et de gaz

Raffinage du pétrole

Les émissions fugitives des raffineries sont calculées à l'aide des renseignements contenus dans l'étude de l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP) intitulée *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production*, préparée par Purvin & Gertz Inc. avec la collaboration de Levelton Consultants Ltd. (ICPP, 2004). Pour en savoir davantage sur cette étude, voir le rapport de l'ICPP. Le CCDEE et les raffineries canadiennes ont fourni des données historiques sur les combustibles, l'énergie et les émissions pour les années 1990 et 1994 à 2002. Les émissions fugitives issues de l'évacuation dans le cadre des procédés et involontaires pour les années 1991 à 1993 et à partir de 2003 ont été extrapolées à partir des données qui figurent dans le rapport de l'ICPP et des données sur la consommation et la production d'énergie des raffineries de pétrole tirées du BDEE. La section A3.2.2.3 présente une description détaillée de la méthodologie utilisée pour estimer les émissions entre 1991 et 1993 et à partir de 2003.

Les données déclarées par les installations au PDGES canadien ont été intégrées aux estimations de l'inventaire pour améliorer la qualité des émissions estimées issues du torchage dans les raffineries et permettre à l'inventaire de mieux refléter l'évolution des activités au cours des vingt dernières années (ECCC, 2024), tout en faisant en sorte que la série chronologique soit cohérente. Les raffineries de pétrole déclarent leurs émissions de torchage au PDGES depuis 2004. En 2019, le PDGES a rehaussé ses exigences en matière de déclaration : il a énoncé des méthodes d'estimation précises pour le torchage et d'autres aspects en lien avec la déclaration, comme les quantités de combustible et la teneur en carbone. Le but était de faire en sorte que les estimations soient cohérentes d'une raffinerie à l'autre tout en améliorant la transparence des données déclarées à des fins d'analyse et d'AQ/CQ. Pour des précisions, voir l'Annexe 7, Exigences en matière de déclaration de l'utilisation de combustibles et de torchage dans l'avis de déclaration du PDGES et le Chapitre 2 des exigences en matière de quantification (ECCC, 2023). Les exigences en matière de quantification présentent des méthodes d'estimation et d'échantillonnage pour améliorer la transparence des données déclarées par les installations (DDI) au PDGES.

La méthode d'intégration des données des installations présentée au Chapitre 2.3 du Volume 1 de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC a été employée. Les DDI extraites du PDGES ont été examinées. De plus, tous les points aberrants ont été éliminés ou corrigés pour mettre à jour les émissions imputables au torchage et les volumes de combustibles. Ensuite, les volumes de combustible torché ont été soustraits de l'utilisation de combustibles des raffineries pour éviter la double comptabilisation. De surcroît, cette méthode prend en compte les changements pertinents dans l'industrie de même que la fermeture et l'expansion des installations durant toute la série chronologique.

Distribution du gaz naturel

Les estimations des émissions pour la période 1990–1999 proviennent d'une étude de l'Association canadienne du gaz (ACG, 1997), qui a estimé les émissions de l'industrie canadienne de distribution de gaz naturel par gazoducs pour les années 1990 et 1995 au moyen d'une méthode de Niveau 3 du GIEC. Les émissions de l'étude ont été calculées à l'aide des coefficients d'émission de l'EPA des États-Unis, d'autres sources publiées et d'estimations techniques. Les données relatives aux activités qui figurent dans l'étude proviennent de sources publiées et d'enquêtes spécialisées auprès des compagnies de distribution de gaz. Les enquêtes avaient pour but d'obtenir des données sur les calendriers d'utilisation des équipements, les paramètres de fonctionnement des équipements, la longueur des gazoducs utilisés dans le réseau canadien de distribution, etc. En 2000, le Gas Research Institute (GRI) a examiné l'étude de l'ACG (1997) et l'a actualisée avec des données plus documentées et plus précises pour les opérations de dégazage des stations (GRI, 2000). Des coefficients d'émission généraux ont été conçus pour le réseau de distribution à l'aide des données de l'étude (ACG, 1997; GRI, 2000) et de la longueur des gazoducs de distribution par province fournie par StatCan.

Pour l'an 2000 et au-delà, les estimations d'émissions sont fondées sur les données de l'étude sur le PGA (EC, 2014), établies selon une méthode de Niveau 3 du GIEC visant à compiler les émissions de GES déclarées par les entreprises gazières individuelles. ORTECH Consulting Inc. (2013) a compilé les données sur les émissions de l'industrie de la distribution du gaz naturel pour le CEPEI. Ce dernier a fourni les données sur les émissions pour les périodes 2000–2004, 2006–2010 et 2012–2024, selon une méthode de Niveau 3 du GIEC.

ECCC a déterminé que les estimations des fuites des équipements dans les études de l'ACG et du GRI (2000) ne représentaient pas fidèlement le secteur de la distribution du gaz naturel au Canada, puisque les CE propres au pays n'avaient pas encore été élaborés au moment de leur publication. Afin de fournir des estimations représentatives et une série chronologique cohérente, les émissions de fuites des équipements ont fait l'objet d'une analyse rétrospective pour les années de 1990 à 2004 à partir des estimations de 2005 de l'étude du PGA (EC, 2014) en utilisant la longueur des pipelines comme données sur les activités. Les émissions historiques de fuites des équipements des pipelines en fonte sont également estimées à l'aide d'un CE généralisé du CEPEI (2016), et sont incluses pour les années antérieures à l'élimination progressive de la fonte comme matériau pour les pipelines au Canada. Comme pour le secteur du transport de gaz, les fuites des équipements de 2012 à 2014 ont été interpolées pour tenir compte d'une discontinuité méthodologique dans les émissions déclarées par le CEPEI en 2015. La section A3.2.2.4 présente plus de détails sur la méthode utilisée pour estimer les émissions fugitives des réseaux de distribution de gaz naturel.

Émissions fugitives en aval du compteur

Les estimations d'émission attribuables aux émissions fugitives en aval du compteur des appareils domestiques et commerciaux et des véhicules alimentés au gaz naturel et à l'utilisation industrielle de gaz naturel sont calculées à l'aide d'une méthode de Niveau 1 du GIEC. Les coefficients d'émission déterminés par une méthode de Niveau 1 du GIEC ont été modifiés pour représenter les compositions du gaz naturel commercialisable.

Le nombre d'appareils domestiques alimentés au gaz naturel provient de données publiées par RNCan (2025) pour les années 2000 à 2022, par province ou territoire. Pour les années 1990 à 1999 et 2023 à 2024, les nombres d'appareils ont été extrapolés en fonction de la variation annuelle du nombre de clients domestiques approvisionnés en gaz naturel, par province. Les données de RNCan sur le nombre d'appareils ont été modifiées au besoin pour qu'elles prennent en compte les conditions réelles telles que l'absence de réseau de distribution de gaz naturel à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve-et-Labrador et le nombre moyen irréaliste d'appareils par client au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et dans les Territoires du Nord-Ouest. Le nombre d'appareils commerciaux alimentés au gaz est estimé à l'aide du nombre de clients commerciaux approvisionnés en gaz naturel par province ou territoire et du nombre moyen à l'échelle nationale d'appareils domestiques par client.

Les statistiques internes d'ECCC relatives aux parcs de véhicules ont fourni le nombre de véhicules alimentés au gaz naturel par province et par année.

Les données sur l'utilisation de gaz naturel du BDEE ont servi à estimer les émissions fugitives en aval du compteur attribuables à l'utilisation industrielle de gaz naturel. Comme les émissions fugitives des installations pétrolières et gazières ont déjà été estimées à l'aide des méthodes mentionnées antérieurement, celles de toutes les utilisations de gaz naturel dans les installations pétrolières et gazières ont été exclues des calculs des émissions fugitives en aval du compteur.

Se reporter à la section A3.2.2.7 de l'Annexe 3.2 pour des précisions.

3.3.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Pétrole et gaz en amont

Le degré global d'incertitude pour les émissions fugitives attribuables au pétrole et gaz en amont naturel pour 2024 est de -4,5 % à +5,8 %. Le Tableau 3–11 énumère les degrés d'incertitude pour certaines catégories associées au pétrole et au gaz. Les degrés d'incertitude les plus élevés sont associés aux accidents et aux défaillances du matériel, aux émissions fugitives en aval du compteur et aux puits de pétrole et de gaz abandonnés, tandis que la production et le transport du pétrole sont associés au degré d'incertitude globale le plus faible.

Tableau 3–11 **Degré d'incertitude associé aux émissions fugitives attribuables au pétrole et au gaz naturel (sauf à celles du Raffinage du pétrole)**

Segment de l'industrie	Degré d'incertitude associé à la catégorie de la source de GES (%)			
	Torchage	Émissions fugitives	Évacuation	Total
Production et transport du pétrole	-7,1 à +7,2	-4,3 à +4,8	-9,1 à +8,4	-6,8 à +6,3
Extraction des sables bitumineux et valorisation du bitume et du pétrole lourd	-23,3 à +23,4	-30,4 à +32,8	-29,0 à +29,7	-19,1 à +19,7
Production de gaz naturel et traitement	-2,9 à +3,3	-1,6 à +2,2	-9,4 à +16,4	-6,6 à +11,5
Transport, stockage et distribution du gaz naturel	-13,6 à +16,9	-17,9 à +19,0	± 11,8	-10,4 à +10,9
Accidents et défaillances d'équipements	—	-28,6 à +28,7	—	-28,6 à +28,7
Forage, entretien et essais de puits	-23,2 à +19,3	-24,7 à +28,2	-16,7 à +32,4	-19,4 à +16,7
Puits de pétrole et de gaz abandonnés	—	-46,3 à +83,3	—	-46,3 à +83,3
Émissions fugitives en aval du compteur	—	± 27,8	—	± 27,8

Note :
— = Aucun GES n'est émis par cette source dans ce segment de l'industrie.

Les degrés d'incertitude ont été établis selon la méthode d'incertitude de Niveau 1 du GIEC, qui décrit trois sources d'incertitude : les définitions, la variabilité naturelle du procédé à l'origine des émissions et l'évaluation du procédé ou des quantités. L'analyse a seulement tenu compte des deux dernières sources d'incertitude; il est présumé que les degrés d'incertitude liés aux définitions sont négligeables puisqu'ils sont maîtrisés par les procédures d'AQ/CQ.

Dans la mesure du possible, des méthodes et des sources de données cohérentes ont été employées durant toute la série chronologique. Des précisions sur les sources données sur les activités liées au PGA et des questions relatives à la série chronologique propres à chaque méthode se trouvent à la section A3.2.2.1. La cohérence de la série chronologique des estimations fondées sur des mesures aériennes est discutée en détail à la section A3.2.2.1.5.

Bitume et sables bitumineux

Le degré d'incertitude global des estimations des émissions fugitives attribuables au bitume et aux sables bitumineux en 2024 a été de -19,1 % à +19,7 %. Une évaluation de Niveau 1 du GIEC sur le degré d'incertitude a été effectuée pour chaque installation d'extraction et de traitement des sables bitumineux; tous les détails sur l'évaluation se trouvent dans le rapport de l'étude sur le bitume (CAPP, 2006) et l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017a). Le Tableau 3–11 montre les degrés d'incertitude à l'échelle des installations regroupés par source d'émission.

Pétrole et gaz en aval

L'étude de l'ICPP (2004) fournit les données utilisées dans l'inventaire des émissions fugitives des raffineries pour les années 1990 et 1994 à 2002. Le degré d'incertitude pour les années 1991–1993 et 2003–2024 est supérieur en raison du niveau disponible de subdivision des données sur les activités. À des fins de comparaison, des analyses de Niveau 1 et de Niveau 2 ont fourni les degrés d'incertitude globaux du CO_2 pour les coefficients d'émission et les données sur les activités de 2002 (ICPP, 2004).

Pour l'analyse de Niveau 1, le degré d'incertitude global était de ±8,3 %. L'analyse de Niveau 2 a établi un degré d'incertitude global de ±14 %. L'écart entre le degré d'incertitude des analyses de Niveau 1 et de Niveau 2 est sans doute attribuable au fort degré de variabilité de certains des coefficients d'émission. Le Tableau 3–12 présente les résultats des analyses d'incertitude.

Le degré d'incertitude global associé au Torchage varie de ±5 % à ±10 %, car le volume de combustible torché est connu à environ ±3 % à ±10 % près, alors que le degré d'incertitude de la teneur en carbone ne doit pas excéder ±5 %, tel que précisé dans les exigences en matière de quantification (ECCC, 2023).

Tableau 3–12 **Degré d'incertitude des émissions fugitives attribuables au raffinage du pétrole**

	Incertitude (%)			
	Global	À l'exclusion des gaz de combustion des raffineries	À l'exclusion des gaz brûlés par torchage	À l'exclusion des gaz de combustion et des gaz brûlés des raffineries
Niveau 1	± 8,3	± 4,3	± 8,3	± 8,3
Niveau 2	± 14	± 5	± 14	± 14

3.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie du Pétrole et gaz naturel sont indiquées à la section 3.1.5.

Pour assurer l'exactitude des résultats, les études de l'ACPP et sur l'industrie du PGA (ACPP, 2005; EC, 2014) ont fait l'objet des procédures d'AQ/CQ suivantes. En premier lieu, tous les résultats ont été examinés à l'interne par du personnel chevronné pour s'assurer qu'il n'y avait pas d'erreurs, d'omissions ou de double comptabilisation. Par la suite, des entreprises privées ont examiné et commenté le rapport. Le comité directeur du projet et des experts désignés ont réalisé un deuxième niveau d'examen. Dans la mesure du possible, les résultats sont comparés aux données de base antérieures et à d'autres inventaires industriels et nationaux. Les anomalies ont été vérifiées au moyen d'un examen des niveaux d'activité, des réformes apportées à la réglementation et des initiatives volontaires de l'industrie.

L'examen de la méthodologie et des paramètres utilisé pour modéliser les émissions fugitives provenant des fuites de dispositifs pneumatiques, de joints d'étanchéité de compresseurs et de l'équipement comprenait plusieurs étapes. Tout d'abord, il y avait la réalisation de deux examens techniques par des tiers de l'approche de modélisation mise à jour par l'entremise de contrats avec Navius Research Inc. et Clearstone Engineering Ltd. Les examinateurs ont fourni des commentaires sur les suppositions, les paramètres et les coefficients d'émission sous-jacents. Le but de ces examens spécialisés n'était pas de valider les estimations modélisées, mais plutôt d'évaluer l'approche et de souligner les domaines d'améliorations potentielles.

En juillet 2021, les gouvernements provinciaux ont reçu une présentation de la méthodologie mise à jour et des commentaires ont été sollicités. À ECCC, des examens internes, effectués en collaboration avec la Division du pétrole, du gaz et des énergies de remplacement de la Direction générale de la protection de l'environnement, comprenaient l'AQ/CQ et la vérification des paramètres et des coefficients d'émission calculés à l'aide des modèles.

Les estimations d'émission de méthane découlant des mesures aériennes dans les principales provinces canadiennes productrices de pétrole et de gaz, soit l'Alberta, la Colombie-Britannique et la Saskatchewan (Conrad et al., 2023a, b; Johnson et al., 2023; EERL, 2025) ont été comparées aux estimations de l'inventaire afin de vérifier les niveaux d'émissions et les tendances récentes. Les résultats de cette comparaison sont présentés à la section 2.3.1.3. Séparément, des mesures indépendantes du méthane prises sur des tours (Chan et al., 2024) ont fait l'objet d'une comparaison avec les estimations de l'inventaire pour vérifier plus en détail les niveaux d'émission et les tendances globales, tel que précisé à la section A3.2.2.1.5.

3.3.2.5. Recalculs

Les émissions fugitives attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz naturel ont été révisées pour la période de 1990 à 2023 en raison de changements aux données sur les activités et aux méthodes. Se reporter au Tableau 3–2 pour un résumé des incidences des recalculs.

Les émissions de CH_4 estimées à l'aide de mesures aériennes et issues des sources du PGA (bâtiments de compresseurs, abris à moteurs, réservoirs de stockage, torches éteintes et têtes de puits) ont été recalculées pour toutes les années. En plus des nouveaux inventaires de mesures aériennes de sources déterminées pour 2024, ECCC a reçu des données sur le CH_4 mises à jour de la part de EERL pour 2020 (seulement pour la Saskatchewan), 2021 (pour la Saskatchewan et la Colombie-Britannique) et 2023 (pour l'Alberta, la Saskatchewan et la Colombie-Britannique). Les estimations révisées de l'inventaire de EERL (EERL, 2025) intégraient des données météorologiques plus précises et une meilleure classification des installations. Résultat : les estimations de CH_4 lors des années d'inventaire de EERL ont fait l'objet de recalculs, de même que les estimations rétrospectives pour la Colombie-Britannique (de 1990 à 2020) et la Saskatchewan (de 1990 à 2019). Pour une description complète de la méthodologie et de la manière dont les mesures aériennes ont été incorporées aux estimations du secteur du PGA, se reporter à la section A3.2.2.1.5.

D'autres améliorations méthodologiques ont donné lieu à des recalculs, lesquels ont eu des incidences diverses pour le secteur du PGA. Les estimations des fuites d'équipement ont été révisées pour l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba, car les paramètres du modèle ont été mis à jour et les émissions extrapolées, ajustées pour mieux refléter les exigences de ces provinces en matière de détection et de réparation des fuites, d'où des révisions à la baisse de 2020 à 2023. Les émissions issues de la production de pétrole lourd thermique en Saskatchewan ont été mises à jour de façon à employer les estimations relatives à l'évacuation et au torchage à l'échelle des installations. D'autres estimations d'émissions extrapolées dans la production de pétrole lourd thermique et à froid en Saskatchewan ont été mises à jour de façon à refléter les diverses tendances en matière de production dans ces deux sous-secteurs. De plus, d'autres mises à jour ont eu lieu pour raffiner les estimations antérieures en production de pétrole lourd thermique en Alberta. De meilleures données de composition du gaz naturel pour la Colombie-Britannique ont entraîné des estimations révisées en ce qui a trait à plusieurs sources d'émissions dans le PGA dans la province : torchage, évacuation déclarée, CO_2 des gisements, équipement pneumatique, émissions fugitives dues aux fuites, CO_2 des joints d'étanchéité de compresseurs et évacuation de gaz par le tubage de surface.

Les estimations des émissions issues du transport et du stockage du gaz naturel ont été révisées à la baisse pour 2023 à la suite de l'intégration des plus récentes données d'émission du CEPEI. Similairement, de nouvelles données du CEPEI ont entraîné des révisions à la baisse des émissions issues de la distribution du gaz naturel pour 2023.

Les estimations relatives au torchage dans les raffineries ont été révisées : elles intègrent désormais les données déclarées par les installations pour mieux refléter l'évolution des activités au fil du temps. Pour éviter la double comptabilisation, les volumes de combustible torché ont été réattribués au torchage dans les sources fugitives au lieu de l'utilisation de combustibles.

De plus, les émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés ont été recalculées pour 1990 à 2023 à la suite de l'adoption de nouveaux coefficients d'émission de CH_4, qui ont été établis à l'aide de données de mesure existantes et nouvelles, recueillies lors de campagnes sur le terrain partout au Canada (Klotz et al, 2025).

Les effets cumulatifs de ces recalculs sur chacune des catégories d'émissions fugitives dans l'industrie du pétrole et du gaz sont les suivants :

- **Pétrole** : les recalculs ont entraîné des révisions à la hausse de 1990 à 2016 qui varient de +10 kt (+0,1 %) en 2016 à +179 kt (+2,6 %) en 2002, et des révisions à la baisse de 2017 à 2023. Des révisions mineures (< ±1,0 %) de 2017 à 2019 ont été suivies de révisions à la baisse majeures variant de -1,9 Mt (-25,0 %) en 2020 à -2,1 Mt (-26,1 %) en 2023, car le modèle des émissions des fuites fugitives des équipements en Alberta a été mis à jour.
- **Gaz naturel** : les recalculs ont cumulativement entraîné des révisions à la baisse mineures en 1990 et 2020 et elles ont atteint un maximum de -70 kt (-0.9 %) en 2023 dans la catégorie du gaz naturel. Des révisions à la hausse ont eu lieu pour toutes les années restantes, révisions qui variaient de +4 kt (+0,04 %) en 1991 à +219 kt (+1,8 %) en 2008.

- **Évacuation** : les recalculs effectués en raison des données aériennes d'émissions de CH_4 révisées et des mises à jour méthodologiques ont cumulativement entraîné des révisions des émissions d'évacuation à la hausse de 1990 à 2021, lesquelles varient de +200 kt (+0,5 %) en 1990 à +1,5 Mt (+2,2 %) en 2005. Des révisions à la baisse de -609 kt (-1,3 %) et de -1,0 Mt (-2,4 %) ont respectivement eu lieu pour 2022 et 2023, surtout en raison des données aériennes révisées.
- **Torchage** : les recalculs suivant les modifications méthodologiques et les mises à jour des données sur les activités ont entraîné des révisions à toutes les années. Les plus importantes découlent des mises à jour des méthodes relatives au torchage dans le secteur du Raffinage de pétrole, qui ont mené à des révisions à la hausse, celles-ci partiellement compensées par les révisions à la baisse du torchage dans le PGA en Colombie-Britannique. De 1990 à 2003, les révisions étaient mineures (< ±1,0 %). Quant aux données de 2004 à 2023, elles ont été révisées à la hausse, le maximum global étant de +710 kt (+10,2 %) en 2021.

3.3.2.6. Améliorations prévues

Pétrole et gaz en amont

Divers éléments ont été ciblés pour améliorer l'exactitude des estimations des émissions fugitives dans l'industrie du pétrole et du gaz.

- De nouvelles estimations à l'échelle des sources obtenues à partir des mesures atmosphériques du CH_4 en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan pourraient être intégrées pour affiner davantage les estimations d'émissions. Des mises à jour méthodologiques semblables pourraient être appliquées aux estimations des autres provinces et territoires, lorsque les résultats des relevés aériens seront publiés.
- Les chercheurs de Ressources naturelles Canada étudient la possibilité d'unifier les données brutes sur la composition des gaz recueillies par les organismes réglementaires en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan (Naseri et Vena, 2025). Grâce à ces travaux, les estimations modélisées et directes relatives à l'Ouest canadien pourraient se baser sur des profils de composition du gaz naturel établis par une méthode unique et cohérente.
- Les données déclarées au Programme de déclaration des GES du secteur industriel de la Colombie-Britannique et au système de déclaration OneStop de l'Alberta seront analysées afin d'améliorer davantage les estimations des émissions dues aux fuites d'équipement, ce qui permettra de modéliser les estimations pour continuer de suivre l'effet des programmes de détection et de réparation des fuites (DERF).
- En 2025, un terminal d'exportation du gaz naturel liquéfié (GNL) exploité par LNG Canada à Kitimat en Colombie-Britannique est entré en activité. Les estimations d'émissions fugitives de cette installation seront établies à partir des données déclarées au PDGES du Canada, en plus des données sur les activités volumétriques de Petrinex.

Pétrole et gaz en aval

Des travaux sont en cours pour évaluer les données recueillies dans le cadre du Programme de déclaration des GES élargi d'ECCC dans le but d'améliorer la qualité des émissions imputables à l'évacuation dans le cadre des procédés et involontaires du raffinage du pétrole.

3.4. Transport et stockage du CO_2 (catégorie 1.C des TCD)

La présente section offre des renseignements sur les activités commerciales existantes faisant intervenir le captage, le transport l'usage et le stockage du carbone (CTUSC) ainsi que sur les émissions de CO_2 qui leur sont associées. Actuellement, le CTUSC comporte le captage du CO_2 anthropique issu des procédés industriels ou des sources de combustion, de même que son transport jusqu'à une installation de stockage à long terme ou de récupération assistée des hydrocarbures (RAH). Le Tableau 3–13 résume les sources existantes du CO_2 capté et transporté au Canada, dont le CO_2 importé de la Dakota Gasification Company, dans le Dakota du Nord, aux États-Unis, le CO_2 capté au pays, soit à la centrale Boundary Dam de SaskPower, en Saskatchewan; et le CO_2 capté au pays à l'installation de valorisation de Scotford de Shell, à l'usine d'engrais Agrium, et à la raffinerie Sturgeon du North-West Redwater Partnership, toutes situées en Alberta. Le Tableau 3–13 résume également les données cumulatives annuelles sur l'élimination finale du CO_2 importé ou capté au Canada, qu'il soit utilisé pour la RAH ou injecté pour un stockage à long terme.

En 2024, les émissions fugitives de CO_2 provenant de quatre pipelines actifs et de quatre sites de captage étaient d'environ 0,65 kt, comme le montre le Tableau 3–14. Des quatre pipelines au Canada, trois servent actuellement uniquement au transport du CO_2 destiné à la RAH. Les émissions fugitives issues de projets qui utilisent l'injection de CO_2 pour accroître la production de pétrole figurent dans les tableaux de déclaration aux sous-catégories 1.B.2.a.2 (Pétrole – production), 1.B.2.c.1 (Évacuation – pétrole) et 1.B.2.c.2.i (Torchage – pétrole).

Les répercussions nettes des émissions de GES issues de l'ensemble des activités de captage sont incluses, dans les sous-catégories Industries énergétiques (1.A.1), Production de pétrole et de gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie (1.B.2), Transport et stockage du CO_2 (1.C) et Production d'ammoniac (2.B.1).

Tableau 3–13 **Quantité de CO_2 importé, capté, utilisé et stocké**

	Quantité de CO_2 (kt)							
	1990	2000	2005	2020	2021	2022	2023	2024
Source du CO_2 capté								
Importé	**I**	**1 800**	**2 010**	**1 590**	**1 670**	**1 610**	**1 080**	**870**
Capté au pays TOTAL	**I**	**I**	**I**	**2 870**	**2 830**	**2 890**	**3 390**	**3 450**
Industries énergétiques (1.A.1)	I	I	I	730	440	750	790	840
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	I	I	I	1 950	2 230	1 930	2 330	2 300
Production d'ammoniac (2.B.1)	I	I	I	190	160	200	280	320
Utilisation et stockage du CO_2 capté								
Récupération assistée des hydrocarbures (RAH)	**I**	**1 800**	**2 010**	**3 440**	**3 400**	**3 420**	**3 380**	**3 270**
Cumulatif du système de RAH[a]	I	1 800	10 900	44 800	48 200	51 600	55 000	58 300
Stockage géologique à long terme	**I**	**I**	**I**	**1 020**	**1 100**	**1 070**	**1 090**	**1 050**
Cumulatif du stockage à long terme[b]	I	I	I	6 090	7 190	8 260	9 360	10 400

Notes :
Les chiffres ayant été arrondis, les quantités totales de la source de captage et du devenir peuvent ne pas correspondre au total indiqué.
I = Inexistant
a. Cumulatif du système de RAH = Au 31 décembre de l'année, le volume historique total utilisé pour la récupération assistée des hydrocarbures (RAH).
b. Cumulatif du stockage à long terme = Au 31 décembre de l'année, le volume historique total injecté dans le stockage à long terme.

Tableau 3–14 **Contribution aux GES, du transport, de l'utilisation et du stockage du CO_2**

Catégorie de source de GES	Émissions de CO_2 (kt)							
	1990	2000	2005	2020	2021	2022	2023	2024
Transport et stockage du CO_2 – TOTAL (1.C)	**I**	**0,09**	**0,09**	**0,49**	**0,65**	**0,64**	**0,65**	**0,65**
Transport du CO_2 (1.C.1)	I	0,09	0,09	0,46	0,60	0,60	0,60	0,60
Injection et stockage (1.C.2)	I	I	I	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04

Note :
I = Inexistant

3.4.1. Utilisation du CO_2 capté

Actuellement, l'utilisation commerciale du CO_2 capté présentée dans cette catégorie comprend uniquement la RAH ou l'injection directe en vue du stockage à long terme. À l'avenir, le CO_2 capté pourra être utilisé, puis stocké de manière permanente, dans un éventail beaucoup plus vaste de sites et de produits approuvés, comme le ciment et l'agriculture, et ces volumes seront alors inscrits dans la catégorie 1.C.

3.4.1.1. Utilisation du CO_2 capté – récupération assistée des hydrocarbures

Au Canada, le CO_2 importé, de même que le CO_2 capté en Saskatchewan, à une centrale électrique au charbon, et en Alberta, à une usine d'engrais et à une raffinerie, est utilisé comme agent d'injection dans la RAH pour accroître la production de pétrole brut de trois gisements de pétrole. Ce CO_2 agit comme un solvant et contribue à augmenter la pression à l'intérieur du réservoir, ce qui facilite la libération et le mouvement des hydrocarbures emprisonnés dans les puits. Le processus d'injection à haute pression a aussi pour effet d'emprisonner le CO_2 dans les espaces vides précédemment occupés par les molécules d'hydrocarbures. Lorsque la production de pétrole cessera, ces réservoirs géologiques pourront stocker le CO_2 à long terme.

En Saskatchewan, cette méthode a été employée pour la première fois en 2000 au site de Weyburn, actuellement exploité par Whitecap Resources Inc., puis en 2005 au site de Midale, actuellement exploité par Cardinal Energy Ltd., dans le but de prolonger d'une trentaine d'années la durée de vie de ces réservoirs. Le CO_2 acheté auprès de la Dakota Gasification Company, située dans le Dakota du Nord, et de la centrale au charbon de Boundary Dam de SaskPower est transporté par pipeline. En 2024, la centrale de Boundary Dam avait capté environ 840 kt de CO_2 aux fins d'expédition jusqu'au site de Weyburn (SaskPower, 2025). Même si les volumes annuels totaux injectés à ce réservoir comprennent à la fois ces nouveaux approvisionnements et le CO_2 récupéré du réservoir, le Canada ne déclare que les nouveaux approvisionnements annuels. De 2000 à 2024, plus de 58,3 Mt de CO_2 acheté ont été injectées à des fins de RAH.

Weyburn est à la fois un site de RAH et le siège d'un programme d'étude d'envergure sur le stockage géologique du CO_2, sous la gouverne de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans le cadre du Programme de R-D sur les GES (AIE GES), avec le soutien de diverses entreprises, d'instituts de recherche et de gouvernements. Le projet de recherche Weyburn-Midale de l'AIE est axé sur l'élaboration d'un guide de pratiques exemplaires pour les futurs projets de stockage géologique du CO_2.

Les résultats de la modélisation et des simulations effectuées au cours de la première phase (de 2000 à 2004) du projet de stockage et de surveillance du CO_2 de l'AIE GES, administré par le Petroleum Technology Research Centre (PTRC), indiquent qu'après la fin des activités de RAH, plus de 98 % du CO_2 demeurera emprisonné dans le réservoir de Weyburn après 5 000 ans, et seulement 0,14 % du reste sera rejeté dans l'atmosphère (PTRC, 2004; Mourits, 2008). Des campagnes d'échantillonnage des gaz souterrains ont été réalisées chaque année de 2000 à 2006, puis à nouveau en 2011. Cette surveillance prolongée de la géochimie des gaz souterrains au champ pétrolifère Weyburn n'a relevé aucun signe de fuite vers la surface du CO_2 injecté (Lawton et al., 2021). Le PTRC peut donner un complément d'information sur ces résultats.

Whitecap Resources Inc. exécute un programme continu de mesure, de surveillance et de vérification (MSV) au site de RAH de Weyburn. Ce programme, tout en examinant un vaste éventail de sources d'émissions possibles, cherche particulièrement à repérer toute fuite du site au moyen de méthodes comme la caractérisation des fluides régionaux dans les aquifères peu profonds, qui détermine la présence de CO_2 injecté à la surface de l'eau par des essais isotopiques et chimiques, et la sismique 4D pour évaluer la conformité dans la zone et vérifier l'absence de migration vers la surface (Whitecap Resources, 2018).

Cardinal Energy Ltd. exécute également un programme de MSV au site de RAH de Midale. En 2022, l'entreprise a fait vérifier les volumes de CO_2 séquestrés par un tiers indépendant (Cardinal Energy, 2023).

Enhance Energy Inc. exploite le site de RAH du champ pétrolifère Clive Leduc, dans le centre de l'Alberta. Un programme de surveillance mandaté par le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta s'y déroule, lequel est décrit dans les documents de quantification (AEP, 2022). Ce programme de surveillance complet comprend des essais dans l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère, dans le but de voir à ce que le CO_2 soit bien contenu dans la formation ciblée (Enhance Energy, 2019). Le plan comprend des essais sismiques, des puits de surveillance dans les formations de production et les formations sous-jacentes, des relevés des gaz souterrains, des relevés de puits d'eau, la surveillance de la pression dans les puits et des mesures isotopiques du CO_2. La composition isotopique unique du CO_2 injecté et le H_2S présent dans la formation ciblée feront en sorte de rendre toute fuite facilement observable. En outre, la présence de nombreux puits de méthane de houille dans la région offre une possibilité supplémentaire de tester la présence des profils isotopiques uniques du CO_2 injecté en dehors de la formation ciblée.

En 2024, les programmes continus de MSV n'avaient décelé aucun signe de fuite de CO_2 depuis les sites de RAH vers les formations environnantes ou l'atmosphère.

3.4.1.2. Utilisation du CO_2 capté – injection pour le stockage à long terme

Deux sites de stockage à long terme sont actifs au Canada : l'installation de captage et de stockage du carbone Quest, exploitée par Shell Canada, et le projet de stockage du CO_2 dans des aquifères salins profonds Aquistore, situé près d'Estevan (Saskatchewan) et exploité par le PRTC. Le stockage à long terme du CO_2 a commencé en 2015. À la fin 2024, plus de 10,4 Mt étaient stockées à ces deux sites.

Lorsqu'il s'agit de stockage du carbone, le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta a de nombreuses exigences en matière de quantification et de MSV (AEP, 2023). Un plan de surveillance est en place à l'installation Quest, dans le cadre duquel des essais sur l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère sont réalisés dans le but de voir à ce que le CO_2 soit bel et bien contenu dans la formation ciblée. Selon le rapport annuel sur le projet Quest (*Quest Carbon Capture and Storage Project Annual Summary Report – Alberta Department of Energy: 2022*), « les activités de MSV se concentrent sur la surveillance et l'optimisation des opérations et, jusqu'à présent, les données de MSV indiquent qu'aucune quantité de CO_2 n'a migré hors du réservoir d'injection dans les sables du Cambrien basal [traduction] » (Shell Canada Energy, 2023).

Au site de stockage Aquistore, un éventail de technologies sont installées sur et sous la surface, à faible et à grande profondeur, ainsi que des appareils de surveillance sismique et de mesure isotopique (Aquistore, 2015). Les processus de MSV comprennent la surveillance des eaux souterraines et des gaz souterrains, la prise de mesures sismiques en continu et la surveillance de la température, de la pression et de la composition des fluides au fond du puits. Un changement dans les caractéristiques surveillées indiquerait une possible fuite de CO_2 hors de la formation de stockage.

En 2024, les programmes continus de MSV n'avaient décelé aucun signe de fuite de CO_2 depuis les sites de stockage à long terme vers les formations environnantes ou l'atmosphère.

3.4.2. Transport et stockage du CO_2 (catégorie 1.C des TCD)

Deux pipelines transportent le CO_2 capté à la Great Plains Synfuels Plant de la Dakota Gasification Company, dans le Dakota du Nord (l'importation de CO_2 a commencé en 2000), et à la centrale électrique de Boundary Dam de la SaskPower près d'Estevan (dont les activités de captage du CO_2 ont commencé en novembre 2014) jusqu'aux sites de RAH à Weyburn et Midale (Saskatchewan).

Un pipeline, associé au projet Quest de Shell Canada, transporte le CO_2 capté à l'installation de valorisation de Scotford, près d'Edmonton (Alberta), vers le site de stockage à long terme Quest, au nord-est de la ville.

Le pipeline de CO_2 Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) est entré en fonction en 2020 et transporte du CO_2 capté à l'usine d'engrais Agrium et à la raffinerie Sturgeon, près d'Edmonton, vers le site de RAH Clive Leduc, exploité par Enhance Energy Inc., dans le centre de l'Alberta.

Les émissions fugitives globales issues du transport et du stockage du CO_2 étaient de 0,65 kt en 2024, dont 0,6 kt provenaient des pipelines et 0,04 kt des activités d'injection aux sites de stockage à long terme et de RAH (Tableau 3–14).

3.4.2.1. Description de la catégorie

La source est constituée des émissions fugitives du réseau de pipelines utilisé pour transporter le CO_2 au site d'injection et de son injection aux sites de stockage à long terme et de RAH.

3.4.2.2. Questions de méthodologie

Les Lignes directrices 2006 du GIEC fournissent une méthode de Niveau 1 pour les émissions attribuables au transport par pipeline du CO_2. Les longueurs des pipelines, aussi bien entre la frontière Canada–États-Unis jusqu'aux installations de RAH à Weyburn, qu'entre Boundary Dam et Weyburn, sont toutes deux d'environ 60 km. La longueur du pipeline entre la raffinerie de Scotford et le site de stockage géologique à long terme qui lui est associé est de 80 km. La longueur du pipeline entre les installations d'Agrium et de Sturgeon et les sites de RAH connexes est d'environ 240 km. Les calculs des émissions font appel au coefficient d'émission moyen par défaut du GIEC, soit 0,0014 kt CO_2/km de pipeline/année.

Les émissions fugitives issues des activités de stockage à long terme et d'injection dans la RAH suivent la méthode de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, telle que décrite au Chapitre 2.3 du Volume 1 en ce qui concerne l'intégration des DDI. Les DDI tirées du PDGES prescrivent des méthodes de quantification des émissions telles que décrites au Chapitre 1 des Exigences en matière de quantification du PDGES (ECCC, 2023).

3.4.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les estimations du degré d'incertitude pour les émissions des pipelines du CO_2 utilisent les valeurs de Niveau 1 par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC, soit de +200 % à -50 % (un facteur de ±2). En ce qui concerne les estimations des émissions basées sur les volumes déclarés par les installations, il est prévu que l'incertitude globale des volumes de CO_2 à la sortie soit de ±3 % en raison des normes de comptage.

L'estimation du degré d'incertitude des émissions issues de l'utilisation du CO_2 capté aux sites de stockage à long terme et de RAH devraient varier de ±3 %, car les volumes de CO_2 à la sortie doivent respecter les normes de comptage relatives à l'achat et à la vente de marchandises.

3.4.2.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie du Transport et stockage du CO_2 sont indiquées à la section 3.1.5.

3.4.2.5. Recalculs

À cause d'erreurs dans la déclaration, les émissions de CO_2 obtenues des DDI pour 2019 ont fait l'objet d'un recalcul pour les sites d'injection de CO_2 (1.C.2), alors que des erreurs d'attribution et de calcul ont fait en sorte que les émissions des pipelines (1.C.1) ont dû faire l'objet d'un recalcul pour 2020 à 2023. Ces corrections ont donné une série chronologique plus cohérente en ce qui a trait à la catégorie du Transport et stockage du CO_2, tel que montré au Tableau 3–13.

3.4.2.6. Améliorations prévues

Les futures estimations des émissions comprendront de nouvelles installations de capture du CO_2 et de nouveaux pipelines de transport du CO_2, actuellement prévus ou en construction, à mesure qu'ils seront mis en service, et qu'on déclarera leurs données au PDGES du Canada. L'inclusion des nouvelles données déclarées par les installations nécessitera une évaluation pour en évaluer la conformité aux normes de qualité (comme l'exhaustivité et la transparence) de la méthodologie, prescrites dans les exigences en matière de quantification des gaz à effet de serre du Canada (ECCC, 2023).

3.5. Items de mémo (catégorie 1.D des TCD)

3.5.1. Combustibles de soute internationaux (catégorie 1.D.1 des TCD)

3.5.1.1. Description de la catégorie

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et aux Modalités, procédures et lignes directrices du cadre de transparence pour l'action et le soutien visées au paragraphe 53 de l'article 13 de l'Accord de Paris (MPL), les émissions provenant des combustibles utilisés aux fins du transport international aérien et maritime sont déclarées séparément et ne contribuent pas au total national. Le Tableau 3–15 résume les émissions de GES issues de ces catégories et le Tableau 3–16, la distribution des émissions nationales et internationales dans chaque sous-catégorie.

Tableau 3–15 **Émissions de GES provenant du transport international aérien et maritime**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Transport aérien international	5 800	10 100	15 200	6 580	6 610	11 400	13 600	14 500
Transport maritime international	5 370	6 580	4 500	4 020	3 720	3 760	3 580	3 360
Total	**11 200**	**16 700**	**19 700**	**10 600**	**10 300**	**15 200**	**17 100**	**17 800**

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau 3–16 **Distribution des émissions de GES provenant du transport aérien et maritime**

Catégorie de source de GES	Distribution (pour cent)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Transport aérien								
Intérieur	56 %	43 %	36 %	42 %	46 %	40 %	38 %	36 %
International	44 %	57 %	64 %	58 %	54 %	60 %	62 %	64 %
Transport maritime								
Intérieur	37 %	38 %	47 %	48 %	44 %	47 %	48 %	50 %
International	63 %	62 %	53 %	52 %	56 %	53 %	52 %	50 %

3.5.1.2. Questions de méthodologie

Voir la section A3.1.4.2.2 pour la méthodologie relative au transport aérien et la section A3.1.4.2.3 pour celle relative au transport maritime.

Il faut user de prudence lorsque la consommation de combustible (en termes d'énergie) de la sous-catégorie du transport maritime est comparée à celle du BDEE et l'AIE. La méthode employée dans l'inventaire national fait appel à des données détaillées sur les déplacements intérieurs et internationaux en fonction du port d'origine et de destination. Les valeurs de la consommation de combustible déclarées à l'AIE par le Canada sont fondées sur le pavillon (canadien ou étranger). De plus, en raison des procédures de conception et d'exploitation des navires maritimes, les navires entreposent souvent des quantités importantes de combustible à bord. Il est donc possible que des navires naviguent dans des eaux canadiennes sans acheter de combustible d'un fournisseur canadien. Comme le BDEE contient seulement les achats de combustible intérieurs, il est possible d'avoir plus de combustible consommé dans le secteur maritime que les quantités déclarées pour le Canada.

3.5.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré d'incertitude n'a pas été quantifié dans ces catégories. Le degré d'incertitude relatif à l'Aviation internationale et au Transport maritime international était estimé à respectivement ±6,6 % et ±2,5 %.

3.5.1.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie de l'Aviation internationale et du Transport maritime international sont indiquées à la section 3.1.5.

3.5.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour la sous-catégorie de l'Aviation internationale dans l'édition actuelle de l'inventaire.

Les recalculs dans la sous-catégorie du Transport maritime international sont discutés à la section 3.2.3.5.

3.5.1.6. Améliorations prévues

Les améliorations prévues à la sous-catégorie du Transport maritime international sont discutées à la section 3.2.3.6.

3.5.2. Émissions de CO_2 provenant de la biomasse (catégorie 1.D.3 des TCD)

3.5.2.1. Description de la catégorie

Conformément aux MPL, un item de mémo déclare le CO_2 attribuable aux biocombustibles produits de façon durable qui sert à produire de l'énergie. Les totaux du secteur de l'Énergie excluent ces émissions. Le secteur ATCATF fait le suivi du CO_2 comme une perte de biomasse forestière. Le secteur de l'Énergie déclare les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables aux combustibles à base de biomasse dans les catégories appropriées. Le Tableau 3–17 résume les émissions de CO_2 exclues du total national et le Tableau 3–18, les quantités de biocombustibles consommées.

Tableau 3–17 **Émissions de CO_2 provenant de la combustion de la biomasse**

Catégorie de source de GES	Émissions de CO_2 (kt)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Activité d'utilisation de combustibles (1.A)	**45 500**	**65 700**	**59 800**	**53 600**	**55 800**	**56 600**	**55 400**	**54 000**
Industries énergétiques (1.A.1)	340	5 580	3 750	2 490	1 870	2 510	1 660	1 000
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	34 000	51 000	40 300	36 800	39 800	38 700	36 800	35 800
Transport (1.A.3)	42	310	5 420	5 120	5 530	6 400	8 190	8 790
Autres secteurs (1.A.4)	11 100	8 800	10 300	9 200	8 600	9 000	8 800	8 400
Autres (non précisé ailleurs) (1.A.5)	I	0,001	0,39	0,49	1,7	1,2	2,3	2,8
Items de mémo (1.D)	**I**	**0.07**	**11**	**26**	**30**	**26**	**49**	**28**

Notes :
I = Inexistant
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau 3–18 **Biomasse consommée**

Catégorie de source de GES et type de combustible	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Activité d'utilisation de combustibles (1.A)								
Éthanol (ML)	30	220	3 000	2 700	2 900	3 400	3 900	4 200
Biodiesel (ML)	I	2,1	360	350	440	460	530	450
Diesel renouvelable (ML)	I	I	430	540	530	550	1 200	1 500
Bois de chauffage résidentiel (kt)	8 900	6 700	7 200	6 200	5 600	6 000	5 500	5 200
Déchets de bois massif et lessive de pâte épuisée (kt)	25 400	39 200	30 500	27 100	28 600	28 100	25 900	24 700
Déchets mixtes (TJ)	I	290	980	2 100	1 300	1 500	1 800	2 400
Déchets municipaux (kt)	800	550	490	460	460	460	450	440
Biogaz (kt)	80	220	360	360	360	360	350	350
Items de mémo (1.D)								
Éthanol (ML)	I	0,01	1,5	2,2	2,3	2,6	2,8	3,0
Biodiesel (ML)	I	0,02	1,3	2,6	3,9	2,5	2,5	2,1
Diesel renouvelable (ML)	I	I	2,3	6,5	6,9	6,6	15	7,5

Note :
I = Inexistant

3.5.2.2. Questions de méthodologie

Voir la section A3.1.4 pour des précisions sur les méthodes relatives à l'utilisation de biocombustibles dans les sources fixes et mobiles.

Les valeurs associées à l'essence pour moteurs et au carburant diesel publiées dans les données du BDEE représentent des combustibles mélangés à des biocombustibles tels que l'éthanol, le biodiesel et le diesel renouvelable. Par conséquent, les biocombustibles sont présentés et modélisés comme s'ils étaient mélangés à l'essence et au diesel totaux dans la région.

L'analyse des propriétés chimiques de l'éthanol a donné un pouvoir calorifique supérieur (PCS)[6] de 29,67 kJ/g, une teneur en carbone de 52,14 % et une densité de 789,3 kg/m^3 (ECCC, 2017b). Quant au biodiesel, ses propriétés proviennent d'une étude menée entre 2004 et 2005 (BioMer, 2005). Ces propriétés comprennent un PCS de 35,18 TJ/ML, une teneur en carbone de 76,5 % et une densité de 882 kg/m^3. Aucune analyse du diesel renouvelable propre au pays n'a été intégrée au modèle, de sorte que tout le diesel de source biologique est modélisé comme du biodiesel.

3.5.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les degrés d'incertitude associés aux émissions de CH_4 et de N_2O issues de l'utilisation de biocombustible sont intégrés dans chacun des secteurs qui les utilisent.

Les méthodes et les sources de données ayant servi à générer la série chronologique étaient cohérentes, de sorte que cette dernière est cohérente.

3.5.2.4. AQ/CQ et vérification

Les activités générales d'AQ/CQ et de vérification ayant eu lieu dans la catégorie de l'Utilisation de biocombustibles sont indiquées à la section 3.1.5.

3.5.2.5. Recalculs

Biocombustibles fixes : les révisions découlent des données sur les activités mises à jour sur les gaz digesteurs, les gaz d'enfouissement, les déchets municipaux, les combustibles résiduaires mixtes, le bois de chauffage résidentiel, les gaz de digestion de boues, les déchets de bois massif et la lessive de pâte épuisée de 1990 à 2023 (les émissions sont passées de -0,33 Mt en 2023 à +0,02 Mt en 2006).

Biocombustibles mobiles : les révisions découlent d'une nouvelle source de données sur les combustibles renouvelables pertinente à toutes les sous-catégories consommant de l'essence pour moteurs ou du carburant diesel. La nouvelle source de données apporte des précisions supplémentaires sur l'utilisation de biocombustibles comme la distinction entre les types de biocombustibles et les dispositions provinciales. De plus, l'Association des chemins de fer du Canada recueille désormais la consommation de biocombustibles des locomotives. Ces données ont été intégrées au modèle relatif au transport ferroviaire. Par conséquent, les émissions associées aux biocombustibles ont gagné en exactitude.

3.5.2.6. Améliorations prévues

Des travaux sont en cours pour améliorer le suivi et l'attribution des émissions associées à l'utilisation de combustibles à faible teneur en carbone (dont le bio-éthanol, le biodiesel et le gaz naturel renouvelable).

6 Les termes techniques pouvoir calorifique supérieur et pouvoir calorifique inférieur désignent la teneur en énergie d'un combustible donné, et diffèrent selon la phase de l'eau dans les combustibles, liquide dans le premier cas, gazeux dans le second. Pouvoir calorifique brut est un synonyme de pouvoir calorifique supérieur, et pouvoir calorifique net, de pouvoir calorifique inférieur.

CHAPITRE 4

PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS (SECTEUR 2 DES TCD)

4.1.	Aperçu	127
4.2.	Produits minéraux (catégorie 2.A des TCD)	131
4.3.	Industrie chimique (catégorie 2.B des TCD)	141
4.4.	Production de métaux (catégorie 2.C des TCD)	159
4.5.	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants et utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (catégorie 2.D des TCD)	168
4.6.	Industrie électronique (catégorie 2.E des TCD)	171
4.7.	Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (catégorie 2.F des TCD)	175
4.8.	Fabrication et utilisation d'autres produits (catégorie 2.G des TCD)	181

4.1. Aperçu

Le présent chapitre aborde les émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables aux divers procédés industriels qui permettent la transformation chimique ou physique de matières. Parmi ces procédés figurent entre autres la production et l'utilisation de produits minéraux, la production de métaux, la fabrication de produits chimiques; la consommation d'hexafluorure de soufre (SF_6) et de trifluorure d'azote (NF_3); la production et la consommation d'halocarbures comme substituts des substances appauvrissant l'ozone (SAO); ainsi que les produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les émissions de GES imputables à la combustion de combustibles pour la production d'énergie destinée aux activités industrielles sont attribuées au secteur de l'Énergie (Chapitre 3). Dans certains cas, il est difficile de faire la distinction entre les émissions dues à l'utilisation de combustibles pour produire de l'énergie et celles résultant de procédés industriels. Dans de tels cas et dans ceux où l'utilisation de combustibles dans un procédé industriel prédomine, les émissions sont attribuées au secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits (PIUP). Cependant, lorsque les données existent, les émissions de certains combustibles en particulier sont réattribuées à la catégorie spécifique des PIUP, tel que l'exigent les Lignes directrices 2006 du GIEC. Les émissions associées à l'utilisation du gaz naturel dans les secteurs pétroliers en amont et en aval pour produire de l'hydrogène sont prises en compte dans le secteur de l'Énergie.

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des PIUP représentaient 53,3 Mt d'éq. CO_2 dans l'inventaire national des GES de 2024 (Tableau 4–1), comparativement à 56,8 Mt d'éq. CO_2 en 2005. Les émissions du secteur des PIUP représentaient 7,8 % du total canadien des émissions de GES en 2024.

Conformément au principe d'amélioration continue et en réponse aux commentaires émis par les experts de l'équipe d'examen technique (EEET) concernant les rapports antérieurs, le présent rapport tient compte des améliorations et révisions apportées aux données sur les activités, aux coefficients d'émission et/ou aux méthodes. Les estimations de Niveau 1 du GIEC pour la production de boulettes de minerai de fer (catégorie 2.C.1.e des TCD) et la production de terres rares (catégorie 2.C.7.a des TCD) ont été ajoutées à ce rapport. Les révisions sur les estimations sont décrites en détail aux sections « Recalculs » du présent chapitre et les incidences de celles-ci sont résumées dans le Tableau 4–2.

Les catégories clés des PIUP sont présentées au Tableau 4–3. D'autres détails se trouvent à l'Annexe 1.

Tableau 4–1 **Aperçu des émissions de GES du secteur des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS (TOTAL)	**55 744**	**56 808**	**54 462**	**52 149**	**53 886**	**53 231**	**54 750**	**53 284**
Produits minéraux (TCD 2.A)	**8 489**	**10 275**	**8 852**	**8 263**	**9 017**	**8 411**	**8 850**	**8 472**
Production de ciment (TCD 2.A.1)	5 823	7 614	7 195	6 759	7 385	6 752	7 300	6 895
Production de chaux (TCD 2.A.2)	1 864	1 834	1 339	1 187	1 314	1 338	1 245	1 282
Utilisation de produits minéraux (TCD 2.A.3 et 2.A.4)	802	827	317	318	318	322	305	295
Industrie chimique (TCD 2.B, excepté 2.B.9)	**16 291**	**9 972**	**6 200**	**5 929**	**5 716**	**5 738**	**5 597**	**5 590**
Production d'ammoniac (TCD 2.B.1)	2 739	2 705	2 501	2 294	2 538	2 590	2 414	2 291
Production d'acide nitrique (TCD 2.B.2)	865	1 070	225	168	192	128	133	129
Production d'acide adipique (TCD 2.B.3)	9 162	2 264	-	-	-	-	-	-
Production pétrochimique et de noir de carbone (TCD 2.B.5, 2.B.8 et 2.B.10)	3 525	3 933	3 474	3 467	2 986	3 020	3 050	3 170
Production de métaux (TCD 2.C)	**23 899**	**21 304**	**15 726**	**14 699**	**16 063**	**15 544**	**16 668**	**16 499**
Production sidérurgique (TCD 2.C.1 et 2.C.2)	11 154	11 583	10 185	8 688	10 045	9 551	10 076	10 241
Production d'aluminium (TCD 2.C.3)	9 564	8 297	5 249	5 836	5 774	5 655	6 090	5 960
Production de magnésium et d'autres métaux (TCD 2.C.4 et 2.C.7)	3 181	1 424	292	176	244	337	502	297
Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3 (TCD 2.B.9, 2.E et 2.F)	**818**	**4 823**	**11 581**	**11 297**	**10 739**	**10 582**	**10 244**	**9 725**
Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (TCD 2.D)	**5 886**	**9 927**	**11 488**	**11 302**	**11 687**	**12 348**	**12 745**	**12 315**
Fabrication et utilisation d'autres produits (TCD 2.G)	**361**	**507**	**616**	**659**	**663**	**608**	**645**	**684**

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Les catégories clés des PIUP ayant les répercussions les plus importantes selon l'évaluation du niveau (y compris ATCATF) pour la dernière année de données sont les suivantes :

1. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégorie 2.D des TCD);
2. Production sidérurgique (catégorie 2.C.1 des TCD);
3. Production de ciment (catégorie 2.A.1 des TCD).

En ce qui a trait aux tendances, les catégories des PIUP ayant les répercussions les plus importantes (avec ATCATF) pour la dernière année de données sont les suivantes :

1. Réfrigération et climatisation (catégorie 2.F.1 des TCD);
2. Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 des TCD);
3. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégorie 2.D des TCD).

Les facteurs contribuant aux tendances à court et à long terme dans ce secteur comprennent la diminution des émissions issues de l'Industrie chimique causée par l'arrêt de la production d'acide adipique en 2009, et de celles issues de la Production de métaux causée par la fermeture d'installations obsolètes. Les tendances observées sont discutées plus en détail au Chapitre 2.

Le Tableau 4–4 résumé les niveaux méthodologiques employés dans le secteur des PIUP.

Les procédures générales de contrôle de la qualité (CQ) employées dans les catégories du secteur PIUP comportent des vérifications systématiques de CQ de Niveau 1 dans les principales catégories et, tout au long du processus de compilation, des vérifications simples dans toutes les catégories, conformément à la section 6.6 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les vérifications concernent notamment les données sur les activités, les coefficients d'émission (explicites ou implicites), la cohérence de la série chronologique et ses tendances, l'exactitude de la transcription, les estimations d'émissions nationales et provinciales ou territoriales, la conversion des unités et la justification des recalculs. Dans toutes les catégories, les procédures de CQ, les données sur les activités, les méthodes et les modifications à ces dernières sont consignées et archivées.

Tableau 4–2 **Sommaire des recalculs pour le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS								
Soumission précédente (RIN 2025)	55 096	56 032	54 719	53 737	51 414	53 217	52 522	53 530
Soumission actuelle (RIN 2026)	55 744	56 808	55 856	54 462	52 149	53 886	53 231	54 750
Changement dans les émissions	+648	+776	+1 137	+725	+734	+668	+710	+1 220
	1 %	1 %	2 %	1 %	1 %	1 %	1 %	2 %
Produits minéraux (TCD 2.A)								
Soumission précédente (RIN 2025)	8 489	10 275	8 679	8 852	8 214	9 011	8 408	8 846
Soumission actuelle (RIN 2026)	8 489	10 275	9 003	8 852	8 263	9 017	8 411	8 850
Changement dans les émissions	+0	+0	+324	-	+49	+6	+4	+5
	0 %	0 %	4 %	-	1 %	0 %	0 %	0 %
Industries chimiques (TCD 2.B, excepté 2.B.9)								
Soumission précédente (RIN 2025)	16 291	9 972	6 353	6 198	5 927	5 715	5 741	5 596
Soumission actuelle (RIN 2026)	16 291	9 972	6 355	6 200	5 929	5 716	5 738	5 597
Changement dans les émissions	+0	+0	+2	+2	+2	+1	-3	+1
	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Production de métaux (TCD 2.C)								
Soumission précédente (RIN 2025)	23 236	20 517	16 054	15 135	14 082	15 406	14 820	15 848
Soumission actuelle (RIN 2026)	23 899	21 304	16 649	15 726	14 699	16 063	15 544	16 668
Changement dans les émissions	+662	+787	+596	+591	+617	+657	+724	+820
	3 %	4 %	4 %	4 %	4 %	4 %	5 %	5 %
Production et consommation d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3 (TCD 2.B.9, 2.E et 2.F)								
Soumission précédente (RIN 2025)	818	4 823	11 487	11 427	11 221	10 726	10 591	10 289
Soumission actuelle (RIN 2026)	818	4 823	11 716	11 581	11 297	10 739	10 582	10 244
Changement dans les émissions	-	-	+229	+154	+76	+13	-9	-45
	-	-	2 %	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %
Produits non énergétiques provenant de combustibles et l'utilisation de solvants (TCD 2.D)								
Soumission précédente (RIN 2025)	5 900	9 938	11 501	11 509	11 312	11 696	12 354	12 306
Soumission actuelle (RIN 2026)	5 886	9 927	11 487	11 488	11 302	11 687	12 348	12 745
Changement dans les émissions	-14	-11	-14	-21	-10	-8	-6	+439
	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %
Fabrication et utilisation d'autres produits (TCD 2.G)								
Soumission précédente (RIN 2025)	361	507	645	616	659	663	608	645
Soumission actuelle (RIN 2026)	361	507	645	616	659	663	608	645
Changement dans les émissions	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-

Notes :
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.
La mention « - » dans les données relatives à la « variation des émissions » indique qu'il n'y a pas eu de recalculs.

Tableau 4–3 **Résumé des principales catégories dans le secteur des procédés industriels et utilisation des produits pour 2024**

Code des TCD	Catégorie du GIEC	Gaz	2024	
			Avec ATCATF	Sans ATCATF
2.A.1	Production de ciment	CO_2	Niveau	Niveau
2.C.1	Production sidérurgique	CO_2	Niveau	Niveau, tendance
2.C.3	Production d'aluminium	CO_2	Niveau, tendance	Niveau, tendance
2.C.3	Production d'aluminium	PFC	Tendance	Tendance
2.C.4	Production de magnésium	SF_6	Tendance	Tendance
2.D	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants	CO_2	Niveau, tendance	Niveau, tendance
2.F.1	Réfrigération et climatisation	Gaz fluorés regroupés	Niveau, tendance	Niveau, tendance
2.F.2	Agents d'expansion des mousses	Gaz fluorés regroupés	Tendance	Tendance

Tableau 4–4 **Résumé des niveaux méthodologiques par catégorie**

Catégories des sources de GES dans les PIUP	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NF_3
INDUSTRIE DES MINÉRAUX (CRT 2.A)							
Production de ciment (CRT 2.A.1)	N2, N3	-	-	-	-	-	-
Production de chaux (CRT 2.A.2)	N2, N3	-	-	-	-	-	-
Production de verre (CRT 2.A.3)	N1	-	-	-	-	-	-
Autres utilisations de procédés de carbonates (CRT 2.A.4)	N1, N2, N3	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIES CHIMIQUES (CRT 2.B)							
Production d'ammoniac (CRT 2.B.1)	N2, N3	-	-	-	-	-	-
Production d'acide nitrique (CRT 2.B.2)	-	-	N1, N2, N3	-	-	-	-
Production d'acide adipique (CRT 2.B.3)	-	-	N1, N2, N3	-	-	-	-
Production de carbure (CRT 2.B.5)	IA	N1	-	-	-	-	-
Production de dioxyde de titane (CRT 2.B.6)	IA	-	-	-	-	-	-
Production de carbonate de sodium (CRT 2.B.7)	N1	-	-	-	-	-	-
Production pétrochimique et de noir de carbone (CRT 2.B.8)	N1, N2	N1, N2, N3	-	-	-	-	-
Production fluorochimique (CRT 2.B.9)	-	-	-	N1	-	-	-
Autres (CRT 2.B.10)	N1	-	N2	-	-	-	-
PRODUCTION DE MÉTAUX (CRT 2.C)							
Production sidérurgique (CRT 2.C.1)	N1, N2, N3	N1	-	-	-	-	-
Production d'alliage ferreux (CRT 2.C.2)	IA	IA	-	-	-	-	-
Production d'aluminium (CRT 2.C.3)	N2, N3	-	-	-	N2, N3	N3	-
Production de magnésium (CRT 2.C.4)	N1	-	-	-	-	N2	-
Production de plomb (CRT 2.C.5)	IA	-	-	-	-	-	-
Production de zinc (CRT 2.C.6)	IA	-	-	-	-	-	-
Autres (CRT 2.C.7)	N1	-	-	-	N1	-	-
PRODUITS NON ÉNERGÉTIQUES PROVENANT DE COMBUSTIBLES ET DE L'UTILISATION DE SOLVANTS (CRT 2.D)							
Utilisation de lubrifiant (CRT 2.D.1)	N1	-	-	-	-	-	-
Utilisation de cire de paraffine (CRT 2.D.2)	IA	-	-	-	-	-	-
Autres (CRT 2.D.3)	N1, N2	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIE D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES (CRT 2.E)							
Circuit intégré et semi-conducteur (CRT 2.E.1)	-	-	-	-	N2	N2	N2
Autres (CRT 2.E.5)	-	-	-	-	N1	-	-
UTILISATIONS DE PRODUITS COMME SUBSTITUTS DE SUBSTANCES APPAUVRISSANT L'OZONE (CRT 2.F)							
Réfrigération et climatisation (CRT 2.F.1)	-	-	-	N2	N2	-	-
Agents d'expansion des mousses (CRT 2.F.2)	-	-	-	N1	N2	-	-
Protection contre l'incendie (CRT 2.F.3)	-	-	-	N1	-	-	-
Aérosols (CRT 2.F.4)	-	-	-	N1	-	-	-
Solvants (CRT 2.F.5)	-	-	-	N1	N1	-	-
Autres applications (CRT 2.F.6)	-	-	-	N1	-	-	-
FABRICATION ET UTILISATION D'AUTRES PRODUITS (CRT 2.G)							
Équipements électriques (CRT 2.G.1)	-	-	-	-	-	N3	-
SF_6 et PFC dans d'autres produits (CRT 2.G.2)	-	-	-	-	NE	NE	-
N_2O provenant de l'utilisation de produits (CRT 2.G.3)	-	-	AUT	-	-	-	-
PFC provenant des utilisations de produits confinés (CRT 2.G.4)	-	-	-	-	N1	-	-

Notes :
N1 = Niveau 1
N2 = Niveau 2
N3 = Niveau 3
AUT = Autre (méthodologie sans niveaux)
NE = Non estimé
IA = Inclus ailleurs (dans une autre catégorie de source de GES)
«-» = Sans objet

4.2. Produits minéraux (catégorie 2.A des TCD)

4.2.1. Production de ciment (catégorie 2.A.1 des TCD)

4.2.1.1. Description de la catégorie

Plus de 90 % de tout le ciment produit au Canada est du type Portland, alors que le reste est constitué de ciment de maçonnerie et d'autres ciments (Statistique Canada, s.d. [b]). La catégorie Production de ciment tient compte des émissions de dioxyde de carbone (CO_2) associées à la production de clinker, le précurseur du ciment Portland, mais n'inclut pas les émissions d'autres productions de ciment (GIEC, 2006). Au Canada, il y a 15 installations distinctes qui produisent du clinker et elles utilisent toutes des fours en voie sèche. Ces installations sont situées en Nouvelle-Écosse, au Québec, en Ontario, en Alberta et en Colombie-Britannique[1]. La capacité totale de production de clinker au Canada est d'environ 18 Mt/an.

En 2024, les émissions de la catégorie de Production de ciment s'élevaient à 6 895 kt, soit 1,0 % des émissions totales du Canada, ce qui représente une diminution de 9 % depuis 2005 et en fait une catégorie clé de l'inventaire. La tendance à la baisse des émissions peut être attribuée en grande partie aux fluctuations annuelles de la production de clinker, tel que décrit au Chapitre 2.3.2.1.

Les émissions découlant de la combustion de combustibles fossiles pour produire de la chaleur qui amorce la réaction dans le four sont attribuées au secteur de l'Énergie et ne sont pas comptabilisées dans la présente catégorie.

4.2.1.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CO_2 provenant de la Production de ciment ont été estimées pour 1990 à 2016 à l'aide d'une méthode de niveau 2 modifiée (Équation 4–1) qui incorpore des coefficients d'émission propres au pays et les émissions des matériaux non combustibles porteurs de carbone (GIEC, 2006). Pour la période commençant en 2017, les émissions estimatives de CO_2 proviennent directement des valeurs déclarées par les installations canadiennes de production de ciment au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, 2025a). Les émissions de CO_2 déclarées par les installations de production de ciment au PDGES ont été calculées à l'aide de l'Équation 4–2, une méthode de niveau 3 modifiée (GIEC, 2006).

Équation 4–1

$$\textbf{Émissions } CO_2 = CE_{cl} \times M_{cl} \times FC_{pfc} + CE_{cot} \times M_{cl}$$

CE_{cl}	=	coefficient d'émission annuel de la calcination basé sur la production de clinker, kt de CO_2/kt de clinker
M_{cl}	=	données sur la production de clinker, kt de clinker
FC_{pfc}	=	facteur de correction pour les pertes attribuables à la poussière des fours à ciment et à la poussière de déviation, fraction
CE_{cot}	=	coefficient d'émission de CO_2 provenant du carbone organique total dans les matières premières brutes, kt de CO_2/kt de clinker

Équation 4–2

$$E_{CO_2} = \sum_m^{12}[Q_{CLI_m} \times CE_{CLI_m}] + \sum_q^4[Q_{PFC_q} \times CE_{PFC_q}] + [TCO_{MP} \times MP \times 3,664]$$

E_{CO_2}	=	quantité annuelle totale d'émissions de CO_2 provenant de la production de ciment (tonnes)
$Q_{CLI\ m}$	=	quantité totale de clinker au mois m (tonnes)
$CE_{CLI\ m}$	=	coefficient d'émission propre à l'usine du clinker au mois m (tonnes CO_2/tonnes clinker)
$Q_{PFC\ q}$	=	quantité totale de poussière des fours à ciment non retournée au four au trimestre q (tonnes)
$CE_{PFC\ q}$	=	coefficient d'émission propre à l'usine de la poussière des fours à ciment non retournée au four, au trimestre q (tonnes CO_2/tonnes poussière des fours à ciment), calculé à l'aide de l'Équation 4–3
TCO_{MP}	=	teneur annuelle en carbone organique mesurée dans les matières premières, ou la valeur par défaut de 0,002 (0,2 %)
MP	=	quantité annuelle totale de matières premières consommées (tonnes)
$3,664$	=	rapport du poids moléculaire du CO_2 sur celui du C

Les données ventilées en ce qui concerne la composition des matières premières et du clinker, le degré de calcination de la poussière des fours à ciment (PFC) et la quantité de poussières de déviation et de PFC ne sont pas à la disposition du grand public pour la période de 1990 à 2016. Toutefois, les données nationales regroupées exprimées sous forme de coefficient d'émission annuel de calcination (CE_{cl}) et de quantités annuelles de poussière de déviation et de PFC sont accessibles auprès de l'Association canadienne du ciment (ACC) pour 1990, 2000 et 2002 à 2014 (ACC, 2014) et du PDGES pour 2017 et les années suivantes (ECCC, 2025a). Ces mêmes quantités ont été estimées pour le reste des années de déclaration (1991–1999, 2001, 2015–2016). L'ACC reçoit des données par usine de ses entreprises membres,

1 Ressources naturelles Canada, communication personnelle sur le sous-secteur des minéraux au Canada.

compilées conformément à la méthode de quantification « CO_2 Emissions Inventory Protocol, version 3.0 », publiée sous les auspices de la Cement Sustainability Initiative du World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Le protocole prévoit deux méthodes d'estimation des émissions de CO_2 des procédés de calcination des matières premières. La première méthode repose sur le volume et la composition chimique des produits (clinker et poussière s'échappant du four). La seconde méthode est basée sur le volume et la composition des matières premières qui entrent dans le four. Les installations canadiennes de production de ciment déclarent leurs données par usine au PDGES conformément à la section 4 des Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada (ECCC, 2023).

L'Équation 4–2 fait la somme des émissions de CO_2 provenant de la production de clinker, des émissions de CO_2 provenant de la PFC et des émissions de CO_2 provenant de l'oxydation du carbone organique présent dans les matières premières. Les émissions de CO_2 provenant de la PFC sont calculées à l'aide des coefficients d'émission propres à chaque usine de la PFC non retournée au four, qui sont déterminés au moyen de l'Équation 4–3. Par contraste avec la méthode de Niveau 3 du GIEC 2006, cette méthode modifiée de Niveau 3 ne demande pas de soustraire les émissions de CO_2 provenant du carbonate non calciné présent dans la PFC non retournée au four, car elles sont prises en compte dans les coefficients d'émission de la PFC propres à chaque usine.

Équation 4–3

$$CE_{PFC_q} = [CaO_{PFC_q} - fCaO_q] \times 0{,}785 + [MgO_{PFC_q} - fMgO_q] \times 1{,}092$$

CE_{PFC_q}	=	coefficient d'émission propre à chaque usine de la PFC non retournée au four, au trimestre q (tonnes de CO_2 / tonne de PFC)
CaO_{PFC_q}	=	teneur en calcium total (exprimée en CaO) de la PFC non retournée au four, au trimestre q (tonnes de CaO / tonne de PFC)
$fCaO_q$	=	teneur en oxyde de calcium (CaO) non calciné de la PFC non retournée au four, au trimestre q (tonnes de CaO / tonne de PFC)
MgO_{PFC_q}	=	teneur totale en magnésium (exprimée en MgO) de la PFC non retournée au four, au trimestre q (tonnes de MgO / tonne de PFC)
$fMgO_q$	=	teneur en oxyde de magnésium (MgO) non calciné de la PFC non retournée au four, au trimestre q (tonnes de MgO / tonne de PFC)
$0{,}785$	=	rapport du poids moléculaire du CO_2 sur celui du CaO
$1{,}092$	=	rapport du poids moléculaire du CO_2 sur celui du MgO

Le coefficient d'émission de CO_2 provenant de la calcination, le coefficient d'émission de carbone organique et le coefficient de correction relatif à la poussière de déviation et à la PFC varient d'une année à l'autre, et ils sont calculés en fonction des données disponibles de l'ACC pour les années 1990, 2000 et 2002 à 2014 et des données déclarées par installation du PDGES pour l'année 2017 et les suivantes. En ce qui concerne les années pour lesquelles les données sont inconnues (de 1991 à 1999, 2001 et 2015–2016), une moyenne est tirée des années précédant et suivant la période pour laquelle les données sont inconnues.

Les données sur la production de clinker de 1990 à 1996 proviennent du Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre (CIEEDAC, 2010). Celles de la période 1997–2016 proviennent de Statistique Canada (Statistique Canada, 1990–2004; s.d. [a]).

Les valeurs estimatives des émissions provinciales et territoriales sont réparties à partir des valeurs estimatives des émissions nationales en fonction de la capacité de production de clinker de chaque province et territoire pour 1990 à 2016. Les données de 1990 à 2006 proviennent de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990–2006). Pour la période de 2007 à 2013, Ressources naturelles Canada a fourni les données relatives à la capacité au moyen de communications personnelles[2]. Pour la période s'échelonnant de 2014 à 2016, la Division des mines et du traitement d'ECCC a fourni les données relatives à la capacité de production de clinker au moyen de communications personnelles[3]. Pour la période commençant en 2017, les valeurs estimatives des émissions par province et territoire reposent sur les émissions déclarées au PDGES par installation de production de ciment de chaque province et territoire.

4.2.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été élaborée sur la base des valeurs d'incertitude par défaut énoncées dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006) à l'égard des paramètres de la méthode de Niveau 2 modifiée et de la méthode de Niveau 3 modifiée. L'erreur associée au taux d'absence de réponse à l'enquête de Statistique Canada pour ce qui est des données sur la production de clinker a également été prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude. L'incertitude de niveau 1 associée à l'estimation des émissions de CO_2 pour la production de clinker était estimée à ±13,8 % pour 1990 à 2016 et de ±8,5 % pour 2017 et les années suivantes. L'Équation 3.1 du Volume 1, Chapitre 3 (GIEC, 2006) a été appliquée sur toute la série chronologique. Les sources des données sur les activités ont changé au fil de la série chronologique, passant des publications du CIEEDAC aux données récoltées par Statistique Canada, comme indiqué à la section 4.2.1.2.

2 Panagapko D. 2008-2014. Communications personnelles (courriels de Panagapko D à EC, dernier courriel reçu le 16 septembre 2014). Ressources naturelles Canada.

3 Sunstrum J. 2020. Communications personnelles (courriels de Sunstrum J à ECCC, dernier courriel reçu le 9 juillet 2020). Division des mines et du traitement d'Environnement et Changement climatique Canada.

Pour assurer l'uniformité des séries chronologiques entre la méthode de Niveau 2 appliquée pour les années 1990 à 2016 et la méthode de Niveau 3 modifiée utilisée pour 2017 et les années suivantes, des techniques d'épissage de la section 5.3.3 du Chapitre 5, Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) ont été évaluées, et une technique modifiée d'épissage moyen a été retenue comme étant la plus appropriée. Avec cette méthode, les CE_{cl}, CE_{cot}, et FC_{pfc} annuels pour 2015 et 2016 sont des moyennes calculées à partir des valeurs de 2014 fournies par l'ACC et de celles de 2017 provenant des données déclarées par installation du PDGES. Cette technique modifiée d'épissage moyen a été choisie parce que les CE_{cl}, CE_{cot} et FC_{pfc} propres au pays ont été mis à jour pour la dernière fois en 2014 par l'ACC et que les CE_{cl}, CE_{cot} et FC_{pfc} calculés à partir des données de 2017 déclarées par installation du PDGES étaient comparables à ceux de l'ACC mis à jour en 2014. Une méthode similaire a été appliquée pour les années 1990 à 2014 pour assurer l'uniformité des séries chronologiques pour ces coefficients et facteur. L'ACC a fourni les données nationales de production de ciment pour le calcul de ces coefficients d'émission et de ce facteur de correction pour les années 1990, 2000 et 2002 à 2014 (ACC, 2014). Pour les années 1991 à 1999, il est supposé que ces coefficients d'émission et ce facteur de correction étaient la moyenne de ceux des années 1990 et 2000, tandis que pour l'année 2002, la moyenne de ceux de 2000 et de 2002 a été utilisée.

4.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.2.1.5. Recalculs

Les émissions de CO_2 de cette catégorie ont été recalculées en raison de mises à jour dans les déclarations des installations au PDGES pour 2018 et 2020, qui ont entraîné des hausses respectives de 323 kt CO_2 et 46 kt CO_2. Les recalculs pour 2018 ont corrigé un point aberrant qui avait auparavant un effet sur le coefficient d'émission postulé pour cette année, point que l'EEET avait repéré en 2023.

4.2.1.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.2.2. Production de chaux (catégorie 2.A.2 des TCD)

4.2.2.1. Description de la catégorie

De la chaux dolomitique et de la chaux à forte teneur en calcium sont toutes deux produites au Canada, et les émissions provenant de leur production sont prises en compte dans le présent rapport d'inventaire. Le Tableau 4–5 indique la proportion de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada. Il n'y a pas d'information sur la production de chaux hydraulique au Canada; par conséquent, sa proportion dans la production totale de chaux est présumée nulle. Il existe 11 installations distinctes de production de chaux au Canada. Ces installations sont situées au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Ontario, au Manitoba, en Alberta et en Colombie-Britannique. La capacité totale de calcination de chaux est d'environ 3,1 Mt/an.

La catégorie de la Production de chaux représentait 1 282 kt (0,2 %) des émissions totales du Canada en 2024, une baisse de 30 % depuis 2005. Les fluctuations des émissions de la série chronologique sont principalement causées par des variations dans les quantités de chaux produite.

Les émissions découlant de la régénération de chaux à partir de liqueurs résiduaires des usines de pâtes à papier ne sont pas comptabilisées dans le secteur des PIUP. Les émissions de CO_2 associées à l'utilisation de calcaire naturel pour la production de chaux dans l'industrie des pâtes et papiers sont prises en compte dans la sous-catégorie Autre utilisation de calcaire et de dolomite (section 4.2.3).

4.2.2.2. Questions de méthodologie

Une méthode de niveau 2 (Équation 4–4) a été utilisée pour estimer les émissions de CO_2 provenant de la catégorie de la Production de chaux pour 1990 à 2016, dans laquelle les coefficients d'émission propres au pays ont été appliqués aux données sur les activités nationales (GIEC, 2006). Les coefficients d'émission propres au pays pour la chaux dolomitique et la chaux à forte teneur en calcium ont été calculés à l'aide de l'information sur la composition de la chaux au Canada recueillie par le Canadian Lime Institute[4] et des moyennes annuelles de toutes les installations de production de chaux au Canada ayant déclaré leurs émissions au PDGES entre 2017 et 2023; ils figurent à l'Annexe 6. Les données sur la production totale de chaux à l'échelle nationale, la production d'hydroxyde de calcium et la capacité de calcination des

4 Kenefick W. 2008. Communication personnelle (courriel de W. Kenefick à A. Shen, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute.

usines de chaux ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990–2006)[5] pour la période s'étendant jusqu'à 2006, inclusivement. En ce qui concerne les années suivantes, les renseignements ont été fournis directement par Ressources naturelles Canada, par l'intermédiaire de communications personnelles[6].

Pour les années 2017 et les suivantes, les données sur les activités de production de chaux provenaient directement des données déclarées par les installations au Canada au PDGES (ECCC, 2025a). Les émissions de CO_2 ont été calculées en fonction des données déclarées par les installations à l'aide d'une méthode de Niveau 3 modifiée, conformément à la section 3 des Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada (ECCC, 2023).

Équation 4–4

$$\boldsymbol{Émissions_{CO2}} = \sum_i (\boldsymbol{Q_i} \times \boldsymbol{CE_i}) \times \boldsymbol{FC_{PFC}} \times \boldsymbol{FC_{hydroxyde}}$$

Q_i = donnée de production de chaux i, kt de chaux i
CE_i = coefficient d'émission pour le type de chaux i produite au Canada, kt CO_2/kt de chaux i
FC_{PFC} = facteur de correction qui corrige la perte de poussière de four à chaux et la production de sous-produits et déchets, fraction
$FC_{hydroxyde}$ = facteur de correction qui corrige pour l'hydroxyde de calcium, fraction

Les usines de chaux canadiennes sont classées en trois types, selon leurs produits finaux : chaux dolomitique seulement, chaux à forte teneur en calcium seulement et chaux à la fois dolomitique et à forte teneur en calcium. Les renseignements sur le(s) type(s) de chaux produite par chacune des installations proviennent de l'*Annuaire des minéraux du Canada* pour les années 1990–2006 (RNCan, 1990–2006), et de données détaillées déclarées par les installations au PDGES du Canada pour 2017 et les années suivantes. Lorsque les informations au niveau des installations étaient disponibles sur les principaux produits et/ou sur le rapport entre la chaux dolomitique et la chaux à forte teneur en calcium pour les installations produisant les deux types de chaux, elles ont été appliquées à la capacité de l'installation pour la période 1990-2016. En l'absence de renseignements provenant des installations sur la répartition des types de chaux, pour 1990-2016, une proportion de 15/85 pour la chaux dolomitique/la chaux à forte teneur en calcium a été utilisée pour les usines qui produisent les deux types. Le Tableau 4–5 présente la ventilation entre la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada pour 1990–2016. Les émissions nationales de CO_2 pour 1990 à 2016 ont été calculées en appliquant les coefficients d'émission canadiens aux données annuelles estimatives sur la production nationale de chaux, selon le type de chaux.

Au Canada, l'hydroxyde de calcium a une teneur en eau estimée de 28,25 %[7]. La teneur en eau de l'hydroxyde de calcium de la production nationale de chaux est déduite pour calculer la quantité de chaux « sèche » produite, qui se divise en deux types : la chaux dolomitique et la chaux à forte teneur en calcium. Les coefficients d'émission correspondants sont ensuite appliqués.

Le facteur de correction pour la poussière de four à chaux a été calculé à partir des moyennes annuelles des émissions découlant de tous les sous-produits et déchets, dont la poussière de four à chaux, provenant de toutes les installations de production de chaux au Canada déclarées au PDGES pour 2017–2023. Ce facteur de correction a été appliqué aux estimations d'émissions nationales découlant de la production de chaux pour 1990–2016.

Tableau 4–5 **Répartition de la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada (1990–2016)**

Année	Répartition (%)	
	Chaux dolomitique	Chaux à forte teneur en calcium
1990–1992	17 %	83 %
1993–1994	19 %	81 %
1995–1997	20 %	80 %
1998–1999	19 %	81 %
2000–2006	20 %	80 %
2007–2008	17 %	83 %
2009–2014	16 %	84 %
2015–2016	18 %	82 %

5 RNCan. Ressources naturelles Canada. 1990–2006. *Annuaire des minéraux du Canada.* Secteur des minéraux et des métaux (annuel). Ressources naturelles Canada (a cessé de paraître).

6 RNCan. Ressources naturelles Canada. 2007–2018. Canada, Production de calcaire—Pierre. Données non publiées. Ressources naturelles Canada, Division des statistiques du secteur des minéraux et des mines.

7 Kenefick W. 2008. Communication personnelle (courriel de W. Kenefick à A. Shen, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 22 octobre 2008). Canadian Lime Institute.

Les valeurs estimatives des émissions provinciales de CO_2 sont réparties à partir des valeurs estimatives des émissions nationales, en fonction de la capacité de calcination totale de chaque province ou territoire pour les années 1990 à 2016. Les données sur la capacité de calcination pour les années 1990 à 2006 sont tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990–2006). Pour les années 2007 à 2013, Ressources naturelles Canada a fourni les données sur la capacité directement au moyen de communications personnelles[8]. Pour les années 2014 à 2016, c'est la Division des mines et du traitement d'ECCC qui a fourni les données sur la capacité de calcination par communications personnelles[9]. Pour l'année 2017 et les suivantes, les valeurs estimatives des émissions par province et territoire reposent sur les données déclarées par les installations au PDGES par installation de production de chaux de chaque province et territoire.

La variation de la répartition en pourcentage de la chaux dolomitique et à forte teneur en calcium au cours de la série chronologique peut être attribuée aux changements dans la production et la capacité des installations au Canada, de même qu'à la fermeture de certaines installations. Par exemple, la baisse légère de la proportion de chaux dolomitique en 2008–2009 est attribuable à la fermeture de l'usine de Timminico Limited à Haley Station, en Ontario, qui ne produisait que de la chaux dolomitique.

La proportion annuelle moyenne de chaux dolomitique au Canada au cours de la série chronologique (19%) était supérieure à la valeur par défaut (15%) indiquée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Avec les émissions provenant des sous-produits et des déchets autres que la chaux dolomitique, les coefficients d'émission postulés se rapprochent de la limite supérieure de la fourchette des coefficients d'émission par défaut associés à la production de chaux, tels que présentés dans les Lignes directrices du GIEC de 2006.

4.2.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une estimation de l'incertitude de Niveau 1 a été réalisée à partir des valeurs d'incertitude par défaut établies dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006) pour les paramètres de la méthode de niveau 2 modifiée et de la méthode de niveau 3 modifiée. La valeur de l'incertitude de niveau 1 associée aux valeurs estimatives des émissions de CO_2 pour la Production de chaux a été établie à ±33,2 % pour les années 1990 à 2016 et à ±6,7 % pour les années 2017 à 2024. L'Équation 3.1 du Volume 1, Chapitre 3 (GIEC, 2006) a été appliquée à toute la série chronologique.

Pour assurer l'uniformité des séries chronologiques entre la méthode de niveau 2 appliquée pour les années 1990 à 2016 et la méthode de niveau 3 utilisée pour les années 2017 et les suivantes, des techniques d'épissage provenant de la section 5.3.3 du Chapitre 5, Volume 1, des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) ont été évaluées et une technique modifiée d'épissage moyen comme étant la plus appropriée a été choisie. Selon cette méthode, le coefficient d'émission (CE) annuel pour la production de chaux dolomitique (CE_{dol}) et le CE annuel pour la production de chaux à forte teneur en calcium (CE_{h-c}) pour les années 2009 à 2016 sont des moyennes calculées à l'aide des valeurs de 2008 fournies par le Canadian Lime Institute et des valeurs de 2017 à 2023 calculées à partir des données déclarées par installation du PDGES. Le facteur de correction pour la poussière de four à chaux appliqué sur 1990–2016 a été calculé en fonction des données déclarées par les installations au PDGES pour les années 2017–2023. Cette technique modifiée d'épissage moyen a été choisie parce que les derniers CE_{dol} et CE_{h-c} propres au pays ont été fournis en 2008 par le Canadian Lime Institute et que les CE_{dol} et CE_{h-c} calculés à partir des données déclarées par installation du PDGES de 2017 à 2023 étaient comparables aux CE_{dol} et aux CE_{h-c} fournis par le Canadian Lime Institute en 2008. Il est présumé que les CE_{dol} et CE_{h-c} de 1990 à 2007 étaient équivalents à ceux de 2008 fournis par le Canadian Lime Institute, parce que le Canadian Lime Institute n'a pu fournir aucun autre CE national pour cette période et que les CE de 2008 étaient considérés comme les plus représentatifs pour cette période. Les sources de données sur les activités ont changé au fil de la série chronologique, passant du Canadian Lime Institute à Ressources naturelles Canada et au PDGES du Canada, comme le décrit la section 4.2.2.2.

4.2.2.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.2.2.5. Recalculs

Les recalculs pour cette catégorie sont dus à des mises à jour des données déclarées par les installations au PDGES, qui ont entraîné des mises à jour dans la répartition de la chaux à forte teneur en calcium et de la chaux dolomitique pour la période de 1990 à 2016 et des corrections aux données sur les activités pour les années 2018 et de 2020 à 2022. L'ampleur des recalculs variait de -4 kt CO_2 en 2022 à +2 kt en 2021.

4.2.2.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie.

8 Panagapko D. 2013. Communication personnelle (courriel de Panagapko D à M. Edalatmanesh, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 6 novembre 2013). Ressources naturelles Canada.

9 Sunstrum J. 2020. Communications personnelles (courriels de Sunstrum J à ECCC; dernier courriel le 9 juillet 2020). Division des mines et du traitement d'Environnement et Changement climatique Canada.

4.2.3. Utilisation de produits minéraux (catégories 2.A.3 et 2.A.4 des TCD)

4.2.3.1. Description de la catégorie

Les catégories dont il est question dans cette section, regroupées sous le titre « Utilisation de produits minéraux », sont : Production de verre (catégorie 2.A.3 des TCD), Production de céramique (catégorie 2.A.4.a des TCD), Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b des TCD), Production de magnésie non métallurgique (c.-à-d. utilisation de magnésite) (catégorie 2.A.4.c des TCD) et Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d des TCD).

En 2024, cette catégorie regroupée produisait 295 kt (ou 0,04 %) des émissions totales de GES au Canada et avait enregistré une baisse d'environ 64 % du total de ses émissions depuis 2005. La Production de magnésie non métallurgique représentait 39 % des émissions du sous-secteur de l'Utilisation de produits minéraux, tandis que les émissions des catégories Autre utilisation de calcaire et de dolomite, Autres utilisations de carbonate de sodium et Production de verre contribuaient respectivement aux émissions à hauteur de 37 %, de 13 % et de 11 %.

Production de verre (catégorie 2.A.3 des TCD)

Cette catégorie comprend les émissions de CO_2 associées au carbonate de sodium et au calcaire utilisés dans la production de verre au Canada. Durant toute la série chronologique, c'est le carbonate de sodium qui a été la principale source d'émissions de CO_2 de la Production de verre.

Production de céramique (catégorie 2.A.4.a des TCD)

La catégorie Production de céramique comprend la production de briques, de carreaux de toiture, de tuyaux en argile vitrifiée, de produits réfractaires, de produits en argile expansée, de carreaux de mur et de plancher, d'articles de table et d'ornementation, d'articles pour usages sanitaires, de céramique technique et d'abrasifs agglomérés inorganiques. La calcination des carbonates dans l'argile entraîne des émissions de CO_2 issues des procédés.

Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b du des TCD)

Le carbonate de sodium est employé dans la fabrication de produits chimiques, de savons et de détergents, dans le secteur des pâtes et papiers, pour la désulfuration des gaz de combustion (DGC) et pour le traitement de l'eau.

Production de magnésie non métallurgique (Utilisation de magnésite) (catégorie 2.A.4.c des TCD)

Le minerai de magnésite est traité pour produire de la magnésie (MgO) dans une installation au Canada; cette dernière est demeurée en activité durant toute la série chronologique. Les émissions associées à l'utilisation de la magnésite et autres carbonates dans la production de magnésium métallurgique sont déclarées dans la catégorie 2.C.4 des TCD.

Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d des TCD)

Le calcaire et la dolomite sont utilisés dans plusieurs applications industrielles au Canada, notamment pour la production de ciment, de chaux et de verre, et dans l'industrie de la sidérurgie. Les émissions associées à ces applications sont déclarées dans leurs catégories respectives.

Les émissions comprises dans la catégorie Autre utilisation de calcaire et de dolomite sont associées à d'autres applications, comme leur utilisation en tant que chaux d'appoint dans les usines de pâtes et papiers et dans d'autres utilisations chimiques, notamment la DGC et le traitement des eaux usées.

4.2.3.2. Questions de méthodologie

Production de verre (catégorie 2.A.3 des TCD)

Les émissions nationales de CO_2 produites par la Production de verre sont calculées au moyen d'une méthode de niveau 1 qui applique les coefficients d'émission stœchiométriques du carbone aux quantités estimatives de carbonate de sodium et de calcaire consommées dans la production de verre.

Pour estimer la quantité de carbonate de sodium consommée dans la production de verre au Canada, la fraction de carbonate de sodium employé pour la production de verre aux États-Unis est appliquée à l'ensemble de la consommation canadienne. La quantité de calcaire consommée dans la production de verre est fondée sur les statistiques recueillies par Ressources naturelles Canada au sujet de la production de calcaire[10].

10 Les données pour 1990 à 2006 sont disponibles dans l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990–2006). Les données pour les années subséquentes proviennent de communications personnelles avec Ressources naturelles Canada.

Production de céramique (catégorie 2.A.4.a des TCD)

Pour évaluer l'importance des émissions de CO_2 provenant de la Production de céramique, une méthode de Niveau 1 a servi à estimer les émissions de 2005 à 2007 et de 2011 à 2024. Pour 2005 à 2007, les quantités d'argile annuelles totales utilisées en céramique à l'échelle nationale provenaient de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990-2008). Une teneur en carbone par défaut de 10 % a été appliquée à la quantité d'argile annuelle ayant servi à déterminer la masse de carbonate consommée (M_c). La M_c pour chaque année de 2005 à 2007 a ensuite été multipliée par 85 % du coefficient d'émission par défaut pour la calcination du calcaire et par 15 % du coefficient d'émission par défaut pour la calcination de la dolomite afin d'estimer les émissions annuelles de CO_2. Pour les années 2011 à 2024, les estimations des émissions issues des procédés industriels ont été obtenues auprès des principaux fabricants canadiens de produits d'argile structurale au moyen du PDGES. Les émissions estimatives pour les années 2005 à 2007 variaient de 45 kt CO_2 en 2006 à 54 kt CO_2 en 2007, et pour les années 2011 à 2024, de 23 kt CO_2 en 2014 à 52 kt CO_2 en 2017, valeurs qui représentaient moins de 0,05 % des émissions totales de GES au Canada et ne dépassaient pas 500 kt d'éq. CO_2. Par conséquent, les émissions de CO_2 provenant de la Production de céramique sont jugées « négligeables » au titre du paragraphe 32 des Modalités, procédures et lignes directrices (MPL) du cadre de transparence renforcé de l'Accord de Paris.

Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b des TCD)

Les émissions nationales de CO_2 sont calculées à l'aide d'une méthode de niveau 1 qui applique le coefficient d'émission de 415 g de CO_2/kg de carbonate de sodium, fondé sur la stœchiométrie, aux données sur la consommation à l'échelle nationale, en présumant que le carbonate de sodium utilisé au Canada est entièrement pur.

Les données sur la consommation de carbonate de sodium ont été estimées d'après les données sur la production, les importations et les exportations.

Les données sur les importations et les exportations proviennent de l'application Web sur le commerce international de marchandises du Canada de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [f]). Les quantités totales de carbonate de sodium utilisé ont été réparties par type d'application, d'après la consommation de carbonate de sodium des États-Unis : verre, produits chimiques, savons et détergents, pâtes et papiers, DGC et autres. De même, les estimations des émissions provinciales sont obtenues en répartissant les émissions à l'échelle nationale en fonction des valeurs de produit brut provinciales respectives des mêmes secteurs.

Production de magnésie non métallurgique (Utilisation de magnésite) (catégorie 2.A.4.c des TCD)

Une méthode de Niveau 1 a été utilisée pour estimer les émissions de CO_2 des procédés résultant de l'utilisation de magnésite dans la production de magnésie. La méthode applique un coefficient d'émission de 522 g de CO_2/kg de magnésite, fondé sur la quantité stœchiométrique de carbone disponible dans la magnésite, et postule une pureté à 97 % de cette magnésite (AMEC, 2006). Le coefficient d'émission est ensuite multiplié par les données sur les activités propres à chaque installation pour estimer les émissions de CO_2 provinciales et nationales.

Quant à la seule usine produisant de la magnésie, elle a été en activité durant toute la période de déclaration (1990–2024) et ses données sur les activités annuelles proviennent du ministère de l'Énergie et des Mines de la Colombie-Britannique (British Columbia Geological Survey, 2025).

Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d des TCD)

Des méthodes de différents niveaux sont utilisées pour différentes années et applications du calcaire et de la dolomite au fil de la série chronologique, selon les données sur les activités qui sont disponibles. Des méthodes de Niveaux 2 et 3 du GIEC servent à estimer les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation de calcaire et de dolomite au cours de la série chronologique, séparément et par l'application, en fonction de données sur la consommation (Tableau 4–6) et des coefficients d'émission respectifs, comme décrites ci-dessous.

Calcaire et dolomite comme fondants dans la production sidérurgique

Les émissions découlant de l'utilisation du calcaire et de la dolomite comme fondants dans la production sidérurgique sont déclarées dans la catégorie 2.C.1.f des TCD.

Pour les années 1990 à 2016, les émissions issues de l'utilisation de calcaire et de dolomite dans la production sidérurgique ont été estimées au moyen d'une méthode de Niveau 2, dans le cadre de laquelle les quantités de pierre consommée (Tableau 4–6) sont multipliées par les coefficients d'émission correspondants, qui varient selon l'année. Les données sur l'utilisation de pierre brute comme fondant dans les hauts fourneaux sidérurgiques ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990-2006) et directement de Ressources naturelles Canada par des communications personnelles (2007-2016). Les données sur la pierre brute étaient réparties entre le calcaire et la dolomite en fonction du rapport moyen des quantités de calcaire et de dolomite déclarées au PDGES du Canada pour 2017 à 2023.

Pour les années 1990 à 2006, le coefficient d'émission de l'utilisation de calcaire au Canada a été établi d'après le rapport stœchiométrique des émissions de procédés, qui est de 440 g de CO_2/kg de calcaire utilisé, et est ajusté pour tenir compte d'un coefficient de pureté de 95 % (Derry Michener Booth et Wahl et Commission géologique de l'Ontario, 1989). Le coefficient d'émission du Canada est donc de 418 g de CO_2/kg de calcaire utilisé (AMEC, 2006). Un coefficient d'émission global de 468 g de CO_2/kg de dolomite utilisée a été obtenu à partir des coefficients d'émission du calcaire pur (440 kg de CO_2 par tonne) et de la magnésite (522 kg de CO_2 par tonne), et en partant de l'hypothèse que la dolomite se compose d'environ 58 % de $CaCO_3$ et 41 % de $MgCO_3$ (AMEC, 2006).

Pour les années 2007 à 2016, les coefficients d'émission de chaque pierre ont été établis en calculant la moyenne des coefficients d'émission du calcaire et de la dolomite, décrits ci-dessus, et des coefficients d'émission moyens pour chaque pierre de 2017 à 2024, lesquels ont été calculés à partir des données déclarées au PDGES par les installations.

Une méthode de Niveau 3 a servi à estimer les émissions provenant de l'utilisation du calcaire et de la dolomite dans les hauts fourneaux sidérurgiques pour 2017 et les années suivantes. Les quantités de calcaire et de dolomite déclarées au PDGES par les installations sidérurgiques ont été utilisées comme données sur les activités (ECCC, 2025a). Les valeurs déclarées de la teneur en carbone dans le calcaire et la dolomite de chaque installation ont été utilisées, respectivement, pour calculer les émissions selon l'Équation 4–5, et ont été additionnées pour estimer les émissions nationales de CO_2.

Équation 4–5

$$E_{CO_2,carbonate} = [(Q_C \times TC_C) + (Q_D \times TC_D)] \times \frac{44}{12}$$

$E_{CO2,\ carbonate}$	=	émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation de carbonate (calcaire et dolomite) comme fondant dans la production sidérurgique, kt CO_2
Q_x	=	quantité du carbonate x (calcaire ou dolomite) consommé dans la production sidérurgique, kt
TC_x	=	teneur en carbone du carbonate x (calcaire ou dolomite), kt C/kt carbonate
$44/12$	=	facteur de multiplication pour la masse de CO_2 émise pour chaque unité de masse du carbone total utilisé, kt CO_2/kt C

Calcaire dans les usines de pâtes et papiers

Pour les années 1990 à 2017, les émissions issues de l'utilisation de calcaire dans les usines de pâtes et papiers ont été estimées au moyen d'une méthode de niveau 2 du GIEC, dans le cadre de laquelle les quantités de calcaire consommé (Tableau 4–6) sont multipliées par le coefficient d'émission canadien du calcaire. Les données sur l'utilisation de calcaire brut ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990-2006) et directement de Ressources naturelles Canada par des communications personnelles (2007-2017). Le coefficient d'émission appliqué, soit 418 g de CO_2/kg de calcaire, est le coefficient d'émission canadien du calcaire (AMEC, 2006), obtenu comme décrit plus haut.

Une méthode de Niveau 3 du GIEC a servi à estimer les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation du calcaire dans les usines de pâtes et papiers pour 2018 et les années suivantes. Les émissions ont été calculées conformément à l'Équation 2.16 du Chapitre 2 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC, en utilisant la fraction de calcination par défaut (1,00) (GIEC, 2006). Les quantités de calcaire consommées ayant été déclarées au PDGES par les installations de pâtes et papiers ont été utilisées comme données sur les activités, et le coefficient d'émission a été établi à partir du coefficient d'émission par défaut du calcaire (0,43791 t CO_2/t calcaire) et d'un coefficient de pureté par défaut de 95 %.

Calcaire dans les fonderies de métaux non ferreux, les verreries et les autres utilisations chimiques

Une méthode de niveau 2 du GIEC sert à estimer les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation du calcaire dans les fonderies de métaux non ferreux, les verreries et les autres utilisations chimiques pour toute la série chronologique (1990 à 2024).

Pour ce qui est de la période s'étendant de 1990 à 2006, les données sur l'utilisation de pierre brute dans chaque application ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990–2006). En ce qui concerne les années suivantes, les renseignements ont été fournis directement par Ressources naturelles Canada, par l'intermédiaire de communications personnelles. Pour estimer les émissions nationales de CO_2, les quantités de calcaire consommées (Tableau 4–6) sont multipliées par le coefficient d'émission canadien du calcaire, soit 418 g CO_2/kg calcaire (AMEC, 2006), établi comme décrit plus haut. Les émissions sont ensuite réparties dans les catégories respectives : Production de verre (catégorie 2.A.3 des TCD) et Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d des TCD).

La source de données sur les activités ne fournit pas une ventilation détaillée des « autres utilisations chimiques ». Par conséquent, cette sous-catégorie a été considérée comme entièrement émettrice et composée à 100 % de calcaire, et a dûment été prise en compte. La dolomite est généralement moins appropriée que le calcaire pour la plupart des applications industrielles, et la majeure partie de la dolomite extraite est broyée et tamisée afin d'être utilisée comme agrégat dans le béton ou l'asphalte (Bliss et al., 2008). Les autres marchés de la dolomite, comme la production de verre et les utilisations agricoles, ne sont pas inclus dans la sous-catégorie canadienne des autres utilisations chimiques.

Selon les données canadiennes[11], seul le calcaire est utilisé dans les procédés de DGC dans les centrales canadiennes alimentées au charbon.

Les estimations des émissions provinciales ont été obtenues en répartissant les émissions à l'échelle nationale en fonction de la somme des valeurs de produit brut provinciales pour les principaux secteurs dans lesquels le calcaire et la dolomite étaient utilisés (pâtes et papiers, métaux non ferreux, verre et produits chimiques), pour les applications et les années où une méthode de niveau 2 est employée. Dans le cas des applications et des années où une méthode de niveau 3 est employée, les estimations des émissions provinciales reposent sur les données déclarées au PDGES par les installations.

Tableau 4–6 **Consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite au Canada**

Année	2.C.1 Sidérurgie			2.A.3 Production de verre		2.A.4.d Autres utilisations de procédés de carbonates					
	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Dolomite (kt)	Niveau du GIEC	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Niveau du GIEC	Usines de pâtes et papiers		Fonderies de métaux non ferreux		Autres utilisations chimiques	
						Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Niveau du GIEC	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Niveau du GIEC	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Niveau du GIEC
1990	384	272	T2	171	T2	214	T2	16	T2	846	T2
1991	288	203	T2	169	T2	220	T2	162	T2	964	T2
1992	329	233	T2	154	T2	231	T2	167	T2	264	T2
1993	116	82	T2	161	T2	224	T2	176	T2	244	T2
1994	111	79	T2	146	T2	234	T2	154	T2	587	T2
1995	180	127	T2	146	T2	130	T2	181	T2	436	T2
1996	174	123	T2	146	T2	134	T2	164	T2	711	T2
1997	194	138	T2	181	T2	117	T2	158	T2	915	T2
1998	230	162	T2	158	T2	89	T2	129	T2	857	T2
1999	230	162	T2	137	T2	96	T2	101	T2	522	T2
2000	398	282	T2	51	T2	118	T2	39	T2	928	T2
2001	279	198	T2	44	T2	69	T2	94	T2	680	T2
2002	151	107	T2	46	T2	57	T2	55	T2	927	T2
2003	165	117	T2	18	T2	62	T2	46	T2	939	T2
2004	122	87	T2	18	T2	75	T2	51	T2	1 109	T2
2005	127	89	T2	18	T2	80	T2	47	T2	1 175	T2
2006	117	83	T2	18	T2	173	T2	57	T2	1 057	T2
2007	58	41	T2	32	T2	41	T2	64	T2	1 178	T2
2008	186	132	T2	12	T2	15	T2	65	T2	1 182	T2
2009	152	108	T2	0	T2	36	T2	74	T2	923	T2
2010	183	130	T2	0	T2	41	T2	65	T2	423	T2
2011	293	207	T2	0	T2	40	T2	52	T2	508	T2
2012	445	315	T2	0	T2	31	T2	34	T2	521	T2
2013	366	259	T2	0	T2	30	T2	46	T2	342	T2
2014	593	420	T2	0	T2	40	T2	32	T2	364	T2
2015	725	512	T2	0	T2	37	T2	32	T2	356	T2
2016	662	468	T2	0	T2	36	T2	28	T2	350	T2
2017	324		T3	0	T2	45	T2	28	T2	196	T2
2018	425		T3	0	T2	44	T3	28	T2	201	T2
2019	222		T3	0	T2	32	T3	26	T2	189	T2
2020	179		T3	0	T2	42	T3	22	T2	204	T2
2021	248		T3	0	T2	39	T3	21	T2	207	T2
2022	174		T3	0	T2	36	T3	19	T2	210	T2
2023	181		T3	0	T2	36	T3	17	T2	203	T2
2024	272		T3	0	T2	37	T3	16	T2	205	T2

Note : Les quantités de calcaire et de dolomite pour les années 2017–2024 sont regroupées pour garantir leur confidentialité.

11 Cook S. 2013. Communication personnelle (courriel de Cook S à M. Edalatmanesh, Environnement Canada, reçu le 18 novembre 2013). Association canadienne de l'électricité.

4.2.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude de Niveau 1 a été évaluée pour les catégories suivantes : Production de verre, Autres utilisations de carbonate de sodium, Production de magnésie non métallurgique et Autres utilisations de calcaire et de dolomite. Les évaluations tenaient compte des incertitudes associées aux données de consommation, de production, d'importation et d'exportation, aux coefficients d'émission et aux suppositions, le cas échéant. Les incertitudes associées à chacune des catégories sont présentées dans le Tableau 4–7. Le degré d'incertitude de la catégorie Production de céramique n'a pas été évalué, car cette catégorie a été jugée négligeable au titre du paragraphe 32 des MPL, tel que décrit à la section 4.2.3.2.

Dans le but de maintenir la cohérence de la série chronologique dans les catégories Production de verre, Autres utilisations de carbonate de sodium et Production de magnésie non métallurgique, les mêmes coefficients d'émission ont été uniformément appliqués à la série chronologique dans chacune des catégories respectives. Les sources de données sur les activités et les coefficients d'émission respectifs sont décrites à la section 4.2.3.2.

Pour assurer la cohérence de la série chronologique étant donné la méthode de Niveau 2 appliquée de 1990 à 2016 et la méthode de Niveau 3 appliquée de 2017 aux années suivantes pour l'utilisation du calcaire et de la dolomite comme fondants dans la production sidérurgique, des techniques d'épissage provenant de la section 5.3.3 du Chapitre 5 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) ont été évaluées, et une technique modifiée d'épissage moyen a été choisie comme étant la plus appropriée. Les coefficients d'émission pour 1990 à 2006 ont été appliqués d'après une étude réalisée en 2006 (AMEC, 2006), et les coefficients d'émission pour 2007 à 2016 sont une moyenne des valeurs établies en 2006 et des coefficients d'émission calculés à partir des données déclarées au PDGES par les installations pour les années 2017 à 2024. Les sources des données sur les activités et les coefficients d'émission sont décrits à la section 4.2.3.2.

En ce qui concerne l'utilisation du calcaire dans les usines de pâtes et papiers, la méthode de niveau 2 appliquée pour les années 1990 à 2017 et la méthode de Niveau 3 appliquée pour les années 2018 et les suivantes préservent l'uniformité de la série chronologique. Le coefficient d'émission employé dans la méthode de Niveau 2, calculé pour le calcaire canadien (AMEC, 2006), équivaut au coefficient d'émission calculé d'après la méthode décrite dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) qui est utilisé dans la méthode de Niveau 3. Les sources des données sur les activités sont présentées à la section 4.2.3.2.

Le même coefficient d'émission a été employé pour l'ensemble de la série chronologique pour toutes les autres utilisations du calcaire. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.2.3.2.

Tableau 4–7 **Résumé des évaluations de l'incertitude pour les catégories d'Utilisation de produits minéraux**

Catégorie	Catégorie des TCD	Niveau d'évaluation de l'incertitude	Gaz	Plage d'incertitude	Années
Production de verre	2.A.3	Niveau 1	CO_2	±7,2 % à ±10,2 %	1990–2024
Céramique	2.A.4.a	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
Autres utilisations de carbonate de sodium	2.A.4.b	Niveau 1	CO_2	±5,9 % à ±7,5 %	1990–2024
Production de magnésie non métallurgique (utilisation de magnésite)	2.A.4.c	Niveau 1	CO_2	±8,1 %	1990–2024
Autres utilisations de calcaire et de dolomite	2.A.4.d	Niveau 1	CO_2	±15,4 % à ±38,0 %	1990–2024

Note :
S.O. = Sans objet : la catégorie n'a pas été évaluée en termes d'incertitude, car ses émissions ont été jugées non significatives.

4.2.3.4. AQ/QC et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.2.3.5. Recalculs

Pour la catégorie Autres utilisations de carbonate de sodium, les mises à jour apportées aux données sur les activités ont entraîné une augmentation inférieure à 1 kt CO_2 pour l'année 2022.

Pour la catégorie Autre utilisation de calcaire et de dolomite, les déclarations des installations au PDGES et les données de substitution ont été mises à jour, ce qui a entraîné des recalculs pour 2020-2023 allant de +4 kt CO_2 en 2021 à +7 kt CO_2 en 2022.

4.2.3.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.3. Industrie chimique (catégorie 2.B des TCD)

4.3.1. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 des TCD)

4.3.1.1. Description de la catégorie

Les émissions liées à la Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 des TCD) s'élevaient à 2 291 kt, soit 0,3 % des émissions du Canada en 2024. Cette catégorie englobe les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de matières premières (en général, du gaz naturel) dans le procédé de reformage du méthane à la vapeur, les émissions de CO_2 récupérées pour la production d'urée et les émissions de CO_2 récupérées pour les activités de captage et de stockage du carbone (CSC). Le reformage du méthane à la vapeur peut faire appel à du gaz naturel comme source d'énergie pour alimenter le processus de production d'hydrogène, une matière première essentielle au procédé Haber Bosch qui sert à produire de l'ammoniac. Dans le reformage du méthane à la valeur, le gaz naturel peut aussi être employé comme matière première pour fournir une source d'hydrogène. Dans les deux cas, la plupart du carbone contenu dans le gaz naturel est ultimement rejetée sous forme d'émissions de CO_2. Les émissions de GES (CO_2, oxyde nitreux [N_2O] et méthane [CH_4]) provenant de l'utilisation du gaz naturel à des fins énergétiques dans le procédé de reformage du méthane à la vapeur, ainsi que les émissions de GES issues des combustibles utilisés dans les autres procédés de production d'ammoniac, sont allouées au secteur de l'Énergie.

Il y a actuellement neuf usines de production d'ammoniac actives au Canada. Elles sont situées en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario (Fertilizer Canada, 2023). Une de ces usines emploie l'hydrogène généré comme sous-produit (acheté auprès d'une usine chimique à proximité) pour alimenter le procédé Haber Bosch et elle est, par conséquent, présumée avoir des émissions de CO_2 attribuables aux procédés négligeables. Huit usines utilisent des reformeurs de méthane à la vapeur pour produire de l'ammoniac, et la plupart récupèrent les émissions de CO_2 pour produire de l'urée. Deux de ces usines mènent des activités de captage et de stockage du carbone (CSC).

La production d'urée est un processus en aval associé aux usines de production d'ammoniac. Le procédé récupère et utilise le flux de CO_2 généré comme sous-produit par le procédé de synthèse de l'ammoniac. Pour éviter une surestimation des émissions de CO_2, l'utilisation du CO_2 récupéré dans la production d'urée est prise en compte dans les estimations de cette catégorie (voir l'Équation 4–6). L'utilisation d'urée comme engrais et les émissions connexes sont déclarées dans le secteur de l'agriculture, de la foresterie et d'autres affectations des terres (AFAAT), conformément à l'encadré 3.2 des Lignes directrices 2006 du GIEC, Volume 3, Chapitre 3. Les émissions résultant de l'utilisation d'additifs à base d'urée dans les convertisseurs catalytiques sont examinées à la section 4.5 et incluses dans la catégorie 2.D.3 des TCD. Les autres utilisations de l'urée (p. ex. comme ingrédient dans la fabrication de résines, de plastiques ou de revêtements) sont incluses dans la catégorie 2.B.10 des TCD.

Deux usines de reformage du méthane à la vapeur récupèrent les émissions de CO_2 pour la récupération assistée des hydrocarbures. Les émissions récupérées des activités de CSC sont déduites des émissions brutes attribuables à la production d'ammoniac dans le calcul des émissions nettes attribuables à la production d'ammoniac (Équation 4–6), conformément à l'encadré 3 de la Figure 3.1 des Lignes directrices 2006 du GIEC, Volume 3, Chapitre 3.

4.3.1.2. Questions de méthodologie

Pour calculer les émissions nationales nettes attribuables à la production d'ammoniac, l'Équation 4–6 est employée.

Équation 4–6 **Émissions de CO_2 provenant de la production d'ammoniac**

$$E_{CO2} = \sum_i \frac{44}{12} \times GN_i \times TC_i \times FOC - E_{CO2Urée\,i} - E_{CSC\,i}$$

E_{CO2}	=	émissions nationales de CO_2, kt
GN_i	=	gaz naturel utilisé comme matière première à l'installation i, m^3
TC_i	=	facteur de la teneur en carbone à l'installation i, kt carbone/m^3 gaz naturel
$44/12$	=	rapport du poids moléculaire du CO_2 sur celui du carbone
FOC	=	facteur d'oxydation du carbone, égal à 1 (sans unité)
$E_{CO2Urée\,i}$	=	CO_2 récupéré pour la production d'urée à l'installation i, kt
$E_{CSC\,i}$	=	captage et stockage de carbone à l'installation i, kt

Années 1990 à 2017

Pour les années 1990 à 2017, une méthode de Niveau 2 propre au pays est employée. L'utilisation du gaz naturel comme matière première a été déterminée en multipliant la production annuelle d'ammoniac par un facteur calculé de conversion ammoniac/matière première qui est propre à chaque installation. Les sources de données pour la production annuelle d'ammoniac et les autres données sur les activités pour la période de 1990 à 2017 sont résumées au Tableau 4–8. Les facteurs de conversion ammoniac/matière première ont été élaborés à partir des données au niveau de l'installation recueillies entre 2005 et 2009 dans le cadre des déclarations volontaires de données. Au cours de la période 2005–2009, neuf usines étaient en exploitation (deux autres ont cessé leurs activités en 2005). Sept de ces neuf usines (dont deux avec deux unités de reformage du méthane à la vapeur chacune) ont fourni des facteurs pour l'ammoniac/matière première. Ces facteurs propres aux installations sont considérés comme confidentiels et ne sont donc pas publiés. Un facteur moyen de 671 m^3 de gaz naturel par tonne de NH3 produite a été calculé d'après les données recueillies. Il a servi à estimer les émissions d'une installation de reformage du méthane à la vapeur qui n'a pas participé à la collecte de données volontaire. La dernière installation n'utilise pas le procédé de reformage du méthane à la vapeur. À l'échelle de l'usine, le facteur pour la conversion ammoniac/matière première est très stable, variant de moins de 0,001 % d'une année à l'autre au cours des cinq années. De même, la valeur moyenne a varié de moins de 0,001 % d'une année à l'autre au cours des cinq années.

Les huit installations en activité qui ont recours au reformage du méthane à la vapeur ont volontairement confirmé ou fourni les teneurs en carbone du gaz naturel utilisées pour estimer les émissions des années 1990 à 2017, tel que résumé au Tableau 4–8. De manière générale, ces teneurs ne varient pas beaucoup d'une année à l'autre et entre les installations. La plage des valeurs de teneur confirmées par les installations s'étend de 0,49 à 0,54 kg de C/kl de matières premières, ce qui est comparable aux valeurs tirées du PDGES.

Pour les années 1990 à 2017, une quantité stœchiométrique de 0,733 kg CO_2/kg d'urée a servi à quantifier le CO_2 consommé dans la production de l'urée. Le Tableau 4–8 indique les sources de production d'urée de chaque usine employées pour les années 1990 à 2017.

Tableau 4–8 **Description des sources de données sur les activités employées dans l'estimation des émissions issues de la Production d'ammoniac (1990–2017)**

Identifiant de l'installation	Production d'ammoniac	Synthèse de la teneur en carbone du gaz naturel	Production d'urée[c]
A	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006) De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS[a]	L'installation a confirmé qu'il était approprié d'utiliser la moyenne des teneurs en carbone de 2018 à 2020 déclarées au PDGES.	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
B	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006); capacité et utilisation connues provenant de l'installation De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS	L'installation a fourni sa propre valeur moyenne de teneur en carbone (basée sur les valeurs de 1998 à 2017).	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
C	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006); capacité et utilisation connues provenant de l'installation De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS	L'installation a fourni sa propre valeur moyenne de teneur en carbone (basée sur les valeurs de 2003 à 2017).	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
D	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006); capacité et utilisation connues provenant de l'installation De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS	L'installation a fourni sa propre valeur moyenne de teneur en carbone (basée sur les valeurs de 2004 à 2017).	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
E	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006); capacité et utilisation connues provenant de l'installation De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS	Pour la période de 1990 à 2009, l'installation a confirmé qu'il était approprié d'utiliser la moyenne des teneurs en carbone de 2018 à 2020 déclarées au PDGES. Pour les années suivantes, des valeurs de teneur en carbone propres à chaque année ont été données.[b]	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
F	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006) De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS	Pour la période de 1990 à 2007, l'installation a fourni une valeur moyenne de teneur en carbone propre à l'installation (basée sur les valeurs de 2008 à 2012). Pour les années suivantes, des valeurs de teneur en carbone propres à chaque année ont été données.	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
G	De 1990 à 2004 : Cheminfo Services (2006) De 2005 à 2009 : Collecte volontaire de données De 2010 à 2017 : PCIRS	L'installation a confirmé qu'il était approprié d'utiliser la moyenne des teneurs en carbone de 2018 à 2020 déclarées au PDGES.	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS
H	De 1990 à 2012 : Provenant de la capacité et l'utilisation connues de l'installation De 2013 à 2017 : PCIRS	L'installation a proposé l'utilisation de valeurs annuelles de teneur en carbone par province. Les valeurs annuelles et propres à chaque province, établies en interne, ont été employées. Elles sont présentées dans le Tableau A6.1–1.	De 1990 à 2007 : Provenant des valeurs de l'installation De 2008 à 2017 : PCIRS

Notes :

a. Produits chimiques industriels et résines synthétiques (PCIRS) de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d.[c])

b. L'installation E a donné des teneurs en carbone en kgC/kg de matière première pour la période de 2010 à 2017. Ces valeurs ont été converties en kgC/kl de matière première selon les valeurs suivantes : la température moyenne de référence de 2018 à 2020, la moyenne des pressions déclarées au PDGES de 2018 à 2020 et la masse moléculaire du gaz naturel propre à l'installation pour la période de 2010 à 2017. L'installation a confirmé qu'il était approprié d'utiliser des valeurs moyennes de température et de pression de 2018 à 2020.

c. La production d'urée de 1990 à 2007 a été calculée à partir de la production réelle d'ammoniac et du rapport de production ammoniac-urée moyen correspondant pour chaque usine. Le rapport a été établi à partir des données des années 2008 à 2013.

2018 et années suivantes

Pour 2018 et les années suivantes, une méthode de Niveau 3 est employée conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Plus précisément, les données à l'échelle des installations (dont le gaz naturel utilisé comme matière première, la teneur en carbone du gaz naturel, le CO_2 récupéré et servant à la production d'urée) tirées du Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) ont été employées.

Captage et stockage du carbone

Deux des huit installations de reformage du méthane à la vapeur mènent des activités de CSC, et les émissions récupérées pour ces activités sont estimées depuis 1990. Il a été déterminé que ces installations réalisaient ce type d'activités à l'aide des émissions déclarées au PDGES dans la catégorie « Autres émissions de CO_2 récupérées » ainsi que de communications supplémentaires ayant permis de confirmer les activités ou les utilisations des émissions récupérées. La récupération du CO_2 par les deux installations se fait grâce à leurs activités de récupération assistée des hydrocarbures. Le Tableau 4–9 résume les activités de CSC et les autres activités de récupération du carbone de chaque installation effectuant le reformage du méthane à la vapeur. Les installations ont été contactées de nouveau en 2025. Elles ont confirmé qu'aucun changement n'avait été apporté à leurs activités de CSC.

Enfin, la quantité de gaz naturel qui sert à produire de l'hydrogène aux fins de la production d'ammoniac est consignée par Statistique Canada avec toutes les autres utilisations du gaz naturel à des fins non énergétiques. Par conséquent, pour éviter une double comptabilisation, les quantités de gaz naturel attribuées par Statistique Canada à la production d'hydrogène de l'utilisation non énergétique de gaz naturel déclarée pour la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants sont systématiquement soustraites (voir la section A3.3.2, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants). Puisqu'il existe des données d'activités séparées sur le gaz naturel servant de matière première et sur celui servant à des fins énergétiques, les émissions de GES (CO_2, oxyde nitreux [N_2O] et méthane [CH_4]) découlant de l'utilisation du gaz naturel à des fins énergétiques sont attribuées au secteur de l'Énergie.

Tableau 4–9 **Aperçu des activités de captage et de stockage du carbone et de récupération du CO_2**

Installation	Aperçu des activités de CCSC et de récupération du CO_2
A	Aucune activité de CSC passée, en cours ou à venir. L'installation récupère du CO_2 et l'envoie hors du site vers une serre à proximité. L'activité ne fait pas partie des activités de CSC, car les émissions récupérées ne sont pas destinées à un stockage à long terme. De plus, le CO_2 récupéré qui est envoyé à une serre ne devrait pas être pris en compte ailleurs dans le RIN. Par conséquent, il n'est pas soustrait des émissions estimatives d'ammoniac.[a]
B	L'installation exporte du dioxyde de carbone à la société Alberta Carbon Trunkline (ACTL) depuis 2019. Ce CO_2 est utilisé pour la récupération assistée d'hydrocarbures. Comme il est attendu que le CO_2 demeure sous terre dès son utilisation, il est soustrait des émissions estimatives d'ammoniac.
C	Aucune activité de CSC passée, en cours ou à venir.
D	Aucune activité de CSC passée, en cours ou à venir.
E	L'installation envoie le CO_2 récupéré à une entreprise tierce depuis les 30 à 40 dernières années. L'entreprise utilise environ 20 % du CO_2 récupéré dans la récupération assistée d'hydrocarbures. Comme il est attendu que le CO_2 demeure sous terre dès son utilisation, la partie attribuée au CSC est soustraite des émissions estimatives d'ammoniac.
F	Aucune activité de CSC passée, en cours ou à venir.
G	Aucune activité de CSC passée, en cours ou à venir.
H	Aucune activité de CSC passée, en cours ou à venir. L'installation récupère du CO_2 et l'envoie hors du site vers une industrie tierce sur laquelle l'installation n'exerce aucun contrôle. Comme rien n'indique clairement que le CO_2 récupéré soit effectivement stocké à long terme, ces émissions ne sont pas soustraites des émissions estimatives d'ammoniac.[b]

Notes :
a. La section 1.2.2 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC précise que les quantités de CO_2 pour utilisation ultérieure et stockage à court terme ne devraient pas être déduites des émissions de CO_2, sauf lorsque les émissions de CO_2 sont prises en compte ailleurs dans l'inventaire.
b. Idem

4.3.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de Niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la Production d'ammoniac en tenant compte des incertitudes associées à la production d'ammoniac et d'urée, au facteur de conversion ammoniac/matière première, au volume de matière première et à la teneur en carbone du gaz naturel. Les valeurs d'incertitude associées aux émissions de CO_2 pour la catégorie varient dans la série chronologique de 6,2 % à 8,8 %.

Pour assurer une uniformité entre les séries chronologiques, les installations en activité ont été contactées et il a été demandé de confirmer, si elles le voulaient bien, qu'il était approprié d'utiliser les teneurs en carbone du gaz naturel établies pour chaque installation pour les années 2018 à 2020 afin d'estimer les émissions des années 1990 à 2017. Après cette communication, soit une confirmation, soit des valeurs par année et par installation ont été obtenues. Pour des précisions, veuillez consulter la section 4.3.1.2.

4.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie. De plus, des vérifications propres à la catégorie ont été effectuées pour confirmer les activités de récupération du CO_2 dans les installations et faire en sorte que seules les émissions liées aux activités de CSC étaient déduites lors de la quantification des émissions issues de la production d'ammoniac.

4.3.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.3.1.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.3.2. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 des TCD)

4.3.2.1. Description de la catégorie

L'acide nitrique est un intermédiaire chimique qui est couramment utilisé pour produire des engrais à base de nitrate d'ammonium ou des explosifs. Comme le montre le Tableau 4–10, 14 chaînes de production (usines) d'acide nitrique de neuf installations étaient en activité pendant la série chronologique (Cheminfo Services, 2006). Depuis 2005, la production nationale d'acide nitrique a baissé de 23 %, surtout en raison de la fermeture de toutes les usines de l'installation Dyno Nobel Nitrogen Inc. à Maitland (Ontario) en 2010. En 2024, huit usines étaient exploitées dans cinq installations.

La catégorie de la Production d'acide nitrique était responsable de 129 kt éq. CO_2 des émissions du Canada en 2024, ce qui représente une diminution de 88 % depuis 2005. Cette diminution est attribuable à la mise en place de technologies de réduction secondaires et tertiaires de l'oxyde nitreux (N_2O) à l'installation Carseland Works d'Orica Canada Inc. Toutes les usines en activité au Canada sont dotées de systèmes de réduction du N_2O.

La production d'acide nitrique est un procédé en deux étapes. À la première, l'ammoniac subit une oxydation par catalyse sur une gaze de platine et de rhodium, ce qui produit des oxydes d'azote, notamment du dioxyde d'azote. À la deuxième étape, le dioxyde d'azote est absorbé dans l'eau d'une tour d'absorption pour produire de l'acide nitrique. Lors de l'oxydation de l'ammoniac, un peu de N_2O est produit comme sous-produit de la réaction.

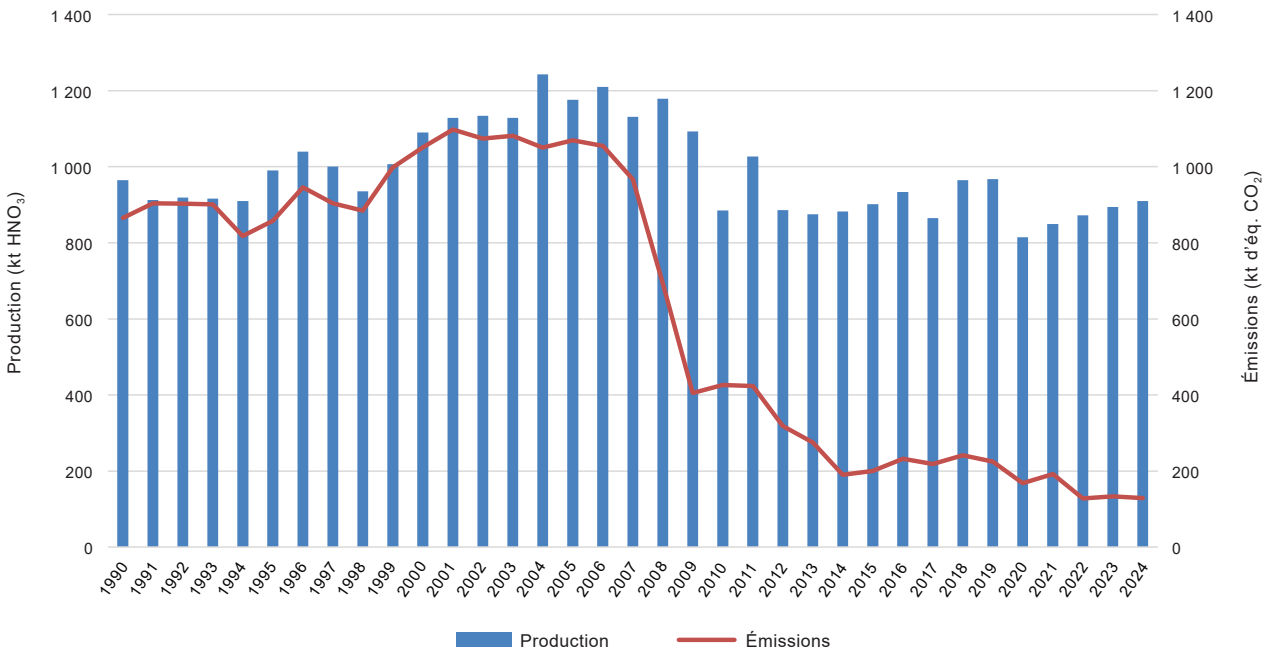
Deux types de procédés servent à produire de l'acide nitrique au Canada : la méthode à haute pression et la méthode à double pression. La méthode à haute pression, couramment utilisée en Amérique du Nord, applique une pression unique pendant les étapes d'oxydation et d'absorption (Cheminfo Services, 2006). Les installations à double pression utilisent une pression basse pour l'étape de l'oxydation et une pression plus élevée pour celle de l'absorption (Cheminfo Services, 2006). Pour obtenir une meilleure efficacité à l'étape de l'absorption, les usines peuvent « accroître la hauteur » de la tour d'absorption en ajoutant des plateaux. Celle-ci est connue sous le nom d' « absorption étendue de type 1 » dans le Tableau 4–10 (Cheminfo Services, 2006). Les usines peuvent aussi aménager une deuxième tour afin de permettre une « double absorption ». Celle-ci est connue sous le nom d' « absorption étendue de type 2 » dans le Tableau 4–10 (Cheminfo Services, 2006).

Le type de technologie de réduction du N_2O le plus couramment utilisé dans les usines au Canada est un système de réduction catalytique non sélectif. Ces systèmes antipollution sont dits « non sélectifs » quand un agent réducteur comme le gaz naturel ou le gaz de purge des usines d'ammoniac sert à réduire les oxydes d'azote (NO_x) et l'oxyde de diazote (N_2O). En revanche, un système de réduction catalytique « sélectif » utilise de l'ammoniac et réagit avec le N_2O seulement (Perez-Ramirez et al., 2003). Les systèmes de réduction catalytique sont installés en aval des gaz résiduaires qui sortent de la tour d'absorption. Ils sont considérés comme une mesure antipollution tertiaire lorsqu'ils sont installés entre la colonne d'absorption et la turbine de détente des gaz résiduaires, et comme une mesure quaternaire ou au point de rejet lorsqu'ils sont installés en aval de la turbine de détente des gaz résiduaires, avant la cheminée (GIEC, 2006). Des huit usines en activité, six sont dotées de systèmes de réduction catalytique non sélectifs depuis 1990 ou leur mise en service (Cheminfo Services, 2006). En 2021, un système de réduction catalytique sélectif a été rétroactivement installé à l'usine 1 de l'installation Carseland Works d'Orica Canada Inc[12]. Cette mesure est le principal facteur de la réduction de 33 % des émissions de cette catégorie entre 2021 et 2022.

Des systèmes de décomposition catalytique de gaz de procédé sont également employés dans certaines usines canadiennes de production d'acide nitrique. Ces systèmes constituent une mesure antipollution secondaire composée de catalyseurs installés sous le brûleur d'ammoniac qui catalyse la formation de N_2O pendant la réaction d'oxydation de l'ammoniac. Ils ont été installés rétroactivement dans les deux usines de l'installation Carseland Works d'Orica Canada Inc. en 2008 et 2012 (Orica Canada Inc., 2014, 2016). Cette mesure est le principal facteur de la diminution des émissions observée depuis 2005 dans cette catégorie. La Figure 4–1 présente les tendances de la production et des émissions dans la catégorie.

12 Orica Canada Inc., 2024. Communication personnelle (courriel de Orica Canada Inc. au Programme de déclaration des gaz à effet de serre, reçu le 10 septembre 2024). Orica Canada Inc.

Figure 4–1 **Tendances de la production d'acide nitrique et des émissions de N_2O de procédé**



4.3.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions de N_2O attribuables à la Production d'acide nitrique ont été estimées à l'aide d'un mélange de méthodes de Niveaux 3, 2 et 1. Les niveaux supérieurs ont été employés dans la mesure du possible, selon l'existence des données.

1. **Méthode de Niveau 3** : utilisation de données sur la production et de coefficients d'émission propres à l'usine ou de données du système de surveillance continue des émissions (SSCE), lorsqu'ils sont disponibles auprès des entreprises.
2. **Méthode de Niveau 2** : utilisation de données de production propres à l'usine ou à l'installation (combinaison des données de plusieurs usines de production d'acide nitrique à la même installation) et des coefficients d'émission propres à la technologie qui sont fournis par les fournisseurs de technologies industrielles, ou des moyennes nationales propres à la technologie.
3. **Méthode de Niveau 1** : utilisation de données estimatives sur la production et des coefficients d'émission propres à l'usine ou à la technologie.

Le Tableau 4–10 décrit l'industrie de l'acide nitrique au Canada et les méthodes employées pour compiler les émissions estimatives par installation.

Pour les années 1990 à 2004, les données sur les activités provenaient de l'étude Cheminfo de 2006, dans les cas où il était possible de recueillir des données actuelles (Cheminfo Services, 2006). Pour combler les lacunes dans les données sur les activités, les capacités des usines indiquées dans l'étude Cheminfo et les quantités de production nationale provenant de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques ont été utilisées afin d'estimer la production comme montré à l'Équation 4–7 (Cheminfo Services, 2006) :

Équation 4–7

$$\textit{Production estimée, usine } i = \left(\textit{Production nationale} - \sum \textit{données déclarées sur les usines}\right) \times \frac{\textit{Capacité de production de l'usine } i}{\sum \textit{Capacités de production des usines ne soumettant pas de déclaration}}$$

Pour les années 2005 à 2009, les données sur les activités ont été déclarées volontairement par les installations à ECCC. Les données manquantes de l'enquête à participation volontaire ont été obtenues à l'aide des données de l'enquête sur les produits chimiques industriels et les résines synthétiques menée dans chaque installation, le cas échéant. Dans les rares cas où les enquêtes volontaires et l'enquête sur les produits chimiques industriels et les résines synthétiques n'avaient pas fourni de données au niveau de l'usine ou de l'installation, l'Équation 4–7 a été utilisée pour estimer la production.

Pour l'année 2010 et les suivantes, les données sur la production par installation ont été principalement tirées de l'enquête sur les Produits chimiques industriels et résines synthétiques (PCIRS). Dans certains cas, lorsque les données soumises par les installations dans le cadre de cette enquête avaient échoué aux vérifications de la qualité, les données sur la production au niveau de l'usine tirées du Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) ou des demandes distinctes de données aux entreprises ont été utilisées. Ces cas comprennent les entreprises n'ayant pas présenté de déclaration sur la base de l'année civile et les entreprises ayant déclaré des valeurs de production aberrantes supérieures à leur capacité de production.

Tableau 4–10 **Installations de production d'acide nitrique au Canada**

Entreprise	Endroit	Chaînes de production	Années en activité pendant la série chronologique	Type de procédé[a]	Mesures de réduction des émissions de N_2O[b]	Données de production		Coefficients d'émission		Qualité de l'estimation des émissions
						Estimation (attribution de la production nationale)	Données de l'installation	Propres au pays ou à la technologie	Données de l'installation	Niveau du GIEC
Cominco Inc.	Calgary, AB	1	1990–1994	DP (M/H), AE2	Aucune	1990–1994	S.O.	1990	S.O.	Niveau 1 (1990–1994)
Cyanamid Canada	Niagara Falls, ON	1	1990	HP	RCNS	1990	S.O.	1990–1994	S.O.	Niveau 1 (1990)
Dyno Nobel Nitrogen Inc.	Maitland, ON	3	1990–2010	HP	RCNS	S.O.	1990–2010	1990–2010	S.O.	Niveau 2 (1990–2010)
Koch Fertilizer Canada, ULC	Brandon, MB	3	Usine 1 : 1990–aujourd'hui Usine 2 : 1994–aujourd'hui Usine 3 : 1997–aujourd'hui	HP	RCNS	1991–1999, 2007	1990, 2000–2006, 2008–aujourd'hui	1990–aujourd'hui	S.O.	Niveau 1 (1991–1999, 2007) Niveau 2 (1990, 2000–2006, 2008–aujourd'hui)
Nutrien (Canada) Holdings ULC.	Redwater, AB	1	1990–aujourd'hui	HP	RCNS	1991–1999	1990, 2000–aujourd'hui	2005–aujourd'hui	1990–2004	Niveau 1 (1991–1999) Niveau 2 (2005–aujourd'hui) Niveau 3 (1990, 2000–2004)
Orica Canada Inc.	Carseland, AB	2	Usine 1 : 1990–aujourd'hui Usine 2 : 1999–aujourd'hui	Usine 1 : DP (M/H), AE1 Usine 2 : HP	Usine 1 : Aucune (1990–2008), DCGP (2008–2021), DCGP et RCS (2021–aujourd'hui) Usine 2 : Aucune (1998–2012), DCGP (2012–aujourd'hui)	S.O.	1990–aujourd'hui	Usine 1 : 1990–2008 Usine 2 : 1999–2012	Usine 1 : 2008–aujourd'hui Usine 2 : 2012–aujourd'hui	Usine 1 : Niveau 2 (1990–2008) Niveau 3 (2008–aujourd'hui) Usine 2 : Niveau 2 (1999–2012) Niveau 3 (2012–aujourd'hui)
Orica Canada Inc.	Beloeil, QC	1	1990–1999	HP, AE2	RCNS	1990–1999	S.O.	1990–1999	S.O.	Niveau 1 (1990–1999)
Terra International (Canada) Inc.	Courtright, ON	1	1990–aujourd'hui	HP	RCNS	S.O.	1990–aujourd'hui	2005–aujourd'hui	1990–2004	Niveau 2 (2005–aujourd'hui) Niveau 3 (1990–2004)
Yara Belle Plaine Inc.	Belle Plaine, SK	1	2004–aujourd'hui	HP	RCNS	S.O.	2004–aujourd'hui	2005–aujourd'hui	2004	Niveau 2 (2005–aujourd'hui) Niveau 3 (2004)

Notes :

a. Les définitions de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) ont été utilisées pour les types de procédés. Ces derniers ont été déterminés à partir des données des installations recueillies dans le cadre de l'étude de Cheminfo Services (2006).

b. Les mesures de réduction des émissions de N_2O sont conformes au définitions des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les renseignements sur les mesures de réduction des émissions employées aux installations ont été recuillis dans le cadre de l'étude de Cheminfo Services (2006) et à partir des rapports de vérification de projets de crédits compensatoires (Orica Canada Inc., 2014, 2016). Les informations concernant l'installation du SCR à l'usine 1 du site de Carseland, en Alberta, en 2021, ont été vérifiées par Orica Canada Inc. en 2024.

HP = haute pression unique maintenue constante à 6,5 à 13 bars pendant les étapes d'oxydation et d'absorption (GIEC, 2019)

DP (M/H) = double; pression; pression moyenne appliquée de 1,7 à 6,5 bars à l'étape d'oxydation et pression élevée appliquée de 6,5 à 13 bars à l'étape d'absorption (GIEC, 2019)

AE1 = absorption étendue par l'ajout de plateaux à la tour d'absorption (Cheminfo Services, 2006)

AE2 = absorption étendue grâce à l'utilisation de deux tours d'absorption (Cheminfo Services, 2006)

S.O. = sans objet

RCNS = système de réduction catalytique non sélectif situé en aval de l'étape d'absorption (ce qui réduit à la fois les émissions de NO_x et de N_2O) (GIEC, 2006)

DCGP = système de décomposition catalytique de gaz de procédé (situé sous le brûleur d'ammoniac utilisé à l'étape d'oxydation) (GIEC, 2006)

RCS = système de réduction sélective catalytique situé en aval de l'étape d'absorption (réduction des émissions de N_2O uniquement) (Perez-Ramirez et al., 2003)

Pour estimer les émissions de cinq usines, les coefficients d'émission propres aux usines, déterminées par une méthode de Niveau 3, ou les données des SSCE ont été utilisés lorsqu'ils étaient disponibles et applicables aux années précises des données sur les activités. Ces données pour les années antérieures à 2005 ont été obtenues lors de la collecte des données auprès des installations dans l'étude Cheminfo de 2006 (Cheminfo Services, 2006). Des SSCE ont été mis en place lors de l'installation de systèmes antipollution par décomposition catalytique des gaz de procédé au site Carseland Works d'Orica Canada Inc. en 2008 et en 2012. Les données relatives aux SSCE fournies par l'installation ont été recueillies en conjonction avec le PDGES et ont été utilisées pour estimer les émissions produites pendant toutes les années suivant l'installation. Pour les années où il n'est pas possible d'appliquer la méthode de Niveau 3, faute de données pour les coefficients d'émission, une méthode de Niveau 2, ainsi que les coefficients d'émission propres à la technologie fournis par les vendeurs d'équipement aux usines ou l'Institut canadien des engrais ont été utilisés. Dans le but de protéger intégralement les données confidentielles sur la production propres à une usine ou à une installation, il n'est pas possible d'associer précisément les coefficients d'émission aux usines. Un coefficient d'émission moyen pondéré pour 2024 est présenté au Tableau A6.2–3.

4.3.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de Niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la Production d'acide nitrique en tenant compte des incertitudes associées aux données sur la production d'acide nitrique nationales et propres aux installations et aux usines, au processus d'attribution de la production (le cas échéant), ainsi qu'aux coefficients d'émission. Les valeurs d'incertitude associées aux émissions de N_2O varient de ± 3 % à 10 % et diminuent en général tout au long de la série chronologique selon l'existence de données détaillées sur la production et les émissions.

Toutes les données sur les activités proviennent de données sur la production déclarées par les installations. En l'absence de données au niveau des installations individuelles, les données sur la production ont été estimées à partir des données sur la production totale nationale, lesquelles ont été compilées d'après les déclarations au niveau des installations à l'enquête sur les produits chimiques industriels et les résines synthétiques.

En l'absence de coefficients d'émission de Niveau 3 par usine et par année, les coefficients d'émission propres aux technologies ou indiqués par les fournisseurs d'équipement industriel (Niveau 2) servent à estimer les émissions des installations. En général, ils fluctuent au-dessus et en dessous des coefficients d'émission propres aux technologies, ce qui confirme la validité de l'utilisation des coefficients de Niveau 2 comme une moyenne adéquate. Les renseignements des installations indiquent qu'il est inapproprié d'utiliser les coefficients d'émission propres aux usines et aux années pour d'autres années de la série chronologique, puisque ces coefficients peuvent varier avec le temps selon l'âge des systèmes de réduction catalytique et d'autres facteurs. Par conséquent, les coefficients d'émission de Niveau 2 servent de moyenne et sont utilisés en l'absence de coefficients propres à l'année.

4.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

En outre, les vérifications propres à la catégorie qui suivent ont été effectuées :

- vérification que les données sur les activités sont propres au produit d'acide nitrique pur et qu'elles sont déclarées pour chaque année civile;
- vérification des données sur les activités nouvelles et révisées et des coefficients d'émission découlant du recours aux systèmes de surveillance continue des émissions pour déceler les différences interannuelles inexpliquées supérieures à 10 %, et communication avec les sources de données pour une vérification et des explications, le cas échéant;
- vérification que la somme des données sur les activités attribuées et la somme des données sur les activités déclarées par les installations donnent le total des données nationales sur les activités publié (le cas échéant);
- comparaison des coefficients d'émission propres aux usines, des coefficients d'émission découlant du recours aux systèmes de surveillance continue des émissions et des coefficients d'émission propres à la technologie à ceux déclarés pour des usines et des contextes similaires dans d'autres inventaires nationaux et dans la Base de données des coefficients d'émission du GIEC.

4.3.2.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.3.2.6. Améliorations prévues

Les émissions de N_2O de la plupart des installations depuis 2005 sont calculées à l'aide des coefficients d'émissions propres aux technologies (Niveau 2) (GIEC, 2006). ECCC travaille avec les producteurs d'acide nitrique pour recevoir des coefficients d'émissions de N_2O de bonne qualité et à jour afin d'effectuer des calculs de Niveau 3.

ECCC collabore également avec les producteurs d'acide nitrique pour recevoir des données sur les émissions de CO_2 et de CH_4 attribuables aux procédés découlant de l'utilisation d'agents réducteurs dans les systèmes de réduction catalytique.

4.3.3. Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 des TCD)

4.3.3.1. Description de la catégorie

La société Invista Canada, autrefois Dupont Canada, située à Maitland, en Ontario, exploitait la seule usine de production d'acide adipique au Canada. Un système catalytique de limitation des émissions de N_2O combiné à un système de surveillance des émissions a été mis en place en 1997. L'usine n'a cependant pas produit d'acide adipique depuis le printemps 2009 et, par conséquent, après l'année 2009, les émissions de N_2O et de CO_2 sont déclarées comme inexistantes dans les TCD.

4.3.3.2. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions attribuables à la production d'acide adipique ont été fournies par l'installation. Pour la période de 1990 à 1996, avant que le dispositif antipollution (DAP) soit installé, les émissions déclarées ont été obtenues par la multiplication de la production annuelle d'acide adipique par le coefficient d'émission par défaut du GIEC de 0,3 kg de N_2O/kg d'acide adipique.

Depuis 1997, les émissions totales de la catégorie représentent la somme de deux modes d'activités, soit avec et sans dispositif antipollution, comme montré à l'Équation 4–8. Les émissions estimées produites lorsque le dispositif antipollution fonctionne (Équation 4–9) sont calculées séparément de celles lorsqu'il ne fonctionne pas (Équation 4–10) en raison d'activités d'entretien ou de problèmes techniques.

Équation 4–8

$$\textit{Émissions totales } (t) = \textit{Émissions de } N_2O\ (t) \textit{ avec DAP} + \textit{Émissions de } N_2O\ (t) \textit{ sans DAP}$$

Émissions de N_2O avec DAP :

Équation 4–9

$$\textit{Émissions de } N_2O \textit{ avec DAP } (t) = \left(\textit{Production}(t)\right) \times \left(\frac{0.3t \textit{ de } N_2O}{t \textit{ d'acide adipique}}\right) \times \left(1 - \textit{Efficacité de la destruction}\right) \times \left(\textit{Ratio d'utilisation du DAP}\right)$$

Efficacité de la destruction = déterminée en fonction de la différence entre la quantité de N_2O qui entre dans le dispositif antipollution et celle qui en sort; il s'agit d'une moyenne mensuelle calculée au moyen de valeurs enregistrées par des analyseurs situés à l'entrée et à la sortie du dispositif; le taux ciblé d'efficacité de la destruction instantanée est de 97 %

Taux d'utilisation du DAP = nombre d'heures durant lequel le N_2O passe par le dispositif divisé par la durée totale d'exploitation

Émissions de N_2O sans DAP :

Équation 4–10

$$\textit{Émissions de } N_2O(t) \textit{ sans DAP} = \left(\textit{Production}(t)\right) \times \left(\frac{0.3t \textit{ de } N_2O}{t \textit{ d'acide adipique}}\right) \times \left(1 - \textit{Ratio d'utilisation du DAP}\right)$$

Taux d'utilisation du DAP = nombre d'heures durant lequel le N_2O passe par le dispositif divisé par la durée totale d'exploitation

Il importe de souligner que l'appareil de surveillance en continu et en direct des émissions n'a jamais été utilisé pour surveiller directement les émissions nettes de N_2O, car l'analyseur ne peut mesurer avec exactitude que des concentrations relativement faibles de N_2O et uniquement lorsque le réacteur fonctionne et élimine le N_2O. L'analyseur ne peut mesurer toute la gamme de concentrations de N_2O qui se trouve dans une cheminée. La concentration de N_2O peut varier d'un seuil

nominal de 0,3 %, lorsque le flux sort du dispositif antipollution (DAP), à un plafond nominal de 35 % à 39 % de N_2O, lorsque le flux ne passe pas par le dispositif. Lorsque le dispositif est contourné, aucun N_2O n'est éliminé et l'analyseur n'enregistre pas les émissions de N_2O dans la cheminée (Cheminfo Services, 2006).

La technique de calcul utilisée pour estimer les émissions de 1990 à 1997 respectait la méthode de Niveau 1 des *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2006). Pour la période de 1998 à 2009, les méthodes d'estimation des émissions avec ou sans dispositif antipollution concordaient avec une méthode de Niveau 3, lorsque les données étaient fournies directement par l'installation; dans les autres cas, la méthode de Niveau 2 a été appliquée (GIEC, 2006).

4.3.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la Production d'acide adipique en tenant compte des incertitudes associées aux données sur la production d'acide adipique, au coefficient d'émission, à l'efficacité de la destruction et au facteur d'utilisation du dispositif antipollution. L'incertitude associée à la catégorie a été évaluée à ± 11 %, et il est déterminé que le coefficient d'émission contribuait principalement à l'incertitude. La valeur d'incertitude s'applique toutes les années de la série chronologique.

Comme expliqué dans la section 4.3.3.2, deux méthodes ont été employées pour la série chronologique : une pour la période durant laquelle l'usine a fonctionné **avec** le système de réduction des émissions, et l'autre pour la période durant laquelle l'usine a fonctionné **sans** ce système.

4.3.3.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.3.3.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.3.3.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.3.4. Production pétrochimique et de noir de carbone (catégories 2.B.8 et 2.B.10 des TCD)

4.3.4.1. Description de la catégorie

Les catégories faisant partie de la Production pétrochimique et de noir de carbone (catégories 2.B.8 et 2.B.10 des TCD) comprennent la Production de méthanol (catégories 2.B.8.a et 2.B.10 des TCD), la Production d'éthylène (catégories 2.B.8.b et 2.B.10 des TCD), la Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.8.c des TCD), la Production d'oxyde d'éthylène (catégorie 2.B.8.d des TCD), la Production de noir de carbone (catégories 2.B.8.f et 2.B.10 des TCD) et la Production de styrène (catégorie 2.B.8.g des TCD).

En 2024, la Production pétrochimique et de noir de carbone représentait 3 170 kt d'éq. CO_2 (0,5 %) des émissions au Canada, une diminution de 19 % des émissions depuis 2005.

Production de méthanol (catégories 2.B.8.a et 2.B.10 des TCD)

De 1990 à 2006, trois installations produisaient du méthanol au Canada, mais elles ont cessé leurs activités en 2001, 2005 et 2006. La production de méthanol a pris fin en 2006 au Canada, pour reprendre en 2011 à un endroit.

Les émissions de GES (CO_2, CH_4 et N_2O) issues des procédés émanent des gaz d'échappement générés par les procédés séparés du méthanol et brûlés sur place pour en récupérer l'énergie. Les rejets gazeux des procédés contiennent un surplus de CO, de CO_2 et d'hydrocarbures légers. Le train de distillation de méthanol et les réservoirs de stockage de méthanol peuvent également rejeter du CH_4 lors de l'évacuation des gaz de procédés, et les équipements qui fuient peuvent générer des émissions fugitives (Cheminfo Services, 2010). Les émissions de N_2O sont incluses dans la catégorie 2.B.10 des TCD, Autres (production de méthanol – émissions de N_2O).

Production d'éthylène (catégories 2.B.8.b et 2.B.10 des TCD)

Il y avait cinq usines d'éthylène en exploitation au Canada entre 1990 et 2024, dont une étant entrée en activité en 1994 et une autre ayant fermé ses portes en 2008. Ces usines consomment des combustibles tels que l'éthane et le propane pour produire de l'éthylène par vapocraquage. Les émissions de CO_2 et de CH_4 issues de procédés sont incluses dans la catégorie 2.B.8.b des TCD, et celles de N_2O, dans la catégorie 2.B.10 des TCD, Autres (Production d'éthylène – Émissions de N_2O).

Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.8.c des TCD)

Au Canada, trois installations de production de dichlorure d'éthylène (DCE) ont été exploitées pendant plusieurs périodes entre 1990 et 2006, mais toutes ont maintenant cessé leurs activités, la dernière en date de 2006.

Deux procédés ont servi à la production de DCE au Canada. Le premier est la chloration directe de l'éthylène dans une réaction en phase liquide ou gazeuse en utilisant du dibromure d'éthylène comme catalyseur. Le deuxième procédé est l'oxychloration.

En ce qui concerne les émissions, les gaz d'échappement qui contiennent des hydrocarbures chlorés sont brûlés à l'intérieur de l'installation avant d'être rejetés, donc le carbone présent dans ces gaz d'échappement est transformé en CO_2. Les émissions de CO_2 issues des procédés utilisés pour la production de DCE découlent de la réaction secondaire de l'oxydation des matières premières. Les émissions de CH_4 issues de procédés sont vraisemblablement produites par la distillation des hydrocarbures légers et ne sont pas captées par un système de récupération des gaz de torche. Ces émissions sont rejetées dans l'atmosphère (Cheminfo Services, 2010).

Production d'oxyde d'éthylène (catégorie 2.B.8.d des TCD)

L'oxyde d'éthylène est un intermédiaire chimique utilisé dans la fabrication de glycols, y compris le monoéthylène glycol. Le Tableau 4–11 fait un survol de la production d'oxyde d'éthylène au Canada pendant la série chronologique.

Le CO_2 est un sous-produit de l'oxydation directe de l'éthylène et ses émissions varient en fonction de la sélectivité du procédé (GIEC, 2006). Du CH_4 est utilisé pour transporter tous les gaz de réaction tout au long du procédé (GIEC, 2006). Il peut être émis pendant l'évacuation lors du procédé, par le flux de gaz d'échappement du procédé de purification ou de manière fugitive (GIEC, 2006).

Tableau 4–11 **Installations de production d'oxyde d'éthylène au Canada**

Entreprise	Endroit	Chaînes de production	Années en activité pendant la série chronologique	Type de procédé
MEGlobal Canada ULC	Fort Saskatchewan, AB	1	1990–aujourd'hui	Oxygène
MEGlobal Canada ULC	Prentiss, AB	2	Usine 1 : 1990–aujourd'hui Usine 2 : 1994–aujourd'hui	Oxygène
Shell Chemicals Canada	Scotford, AB	1	2000–aujourd'hui	Oxygène
Union Carbide Canada	Montréal-Est, QC	1	1990–1993	Oxygène

Note : Adapté de Cheminfo, 2010

Production de noir de carbone (catégories 2.B.8.f et 2.B.10 des TCD)

Quatre installations produisaient du noir de carbone au Canada entre 1990 et 2024, dont trois sont toujours en activité. La production de noir de carbone peut entraîner le rejet de CO_2, de CH_4 et de N_2O. Les émissions de N_2O sont déclarées dans la catégorie 2.B.10 des TCD, Autres (Production de noir de carbone – Émissions de N_2O), alors que les émissions de CO_2 sont incluses dans la catégorie 2.D des TCD (Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants). Les émissions de CO_2 provenant de la production de noir de carbone sont déclarées avec la mention « IA » (incluses ailleurs) dans le logiciel de déclaration des TCD, car il est impossible de ventiler la catégorie 2.D.

Production de styrène (catégorie 2.B.8.g des TCD)

Durant la production du styrène, les émissions de CO_2 issues des procédés peuvent provenir de la combustion des rejets gazeux des procédés (gaz combustibles) sous forme de combustible ou du brûlage par torchère de flux de procédés surpressurisés. En plus de l'éthylène et du benzène, des réactifs de procédé, le CH_4 pourrait être présent et serait émis s'il y avait évacuation des flux de ces procédés ou de leurs flux de récupération. Les émissions fugitives de ces flux contiendraient également du méthane (Cheminfo Services, 2010).

Au Canada, trois installations ont produit du styrène à partir de 1990, une ayant cessé ses activités en 1998 et une autre en 2024. La production de styrène peut entraîner le rejet de CO_2 et de CH_4. Les émissions de CO_2 sont incluses dans la catégorie 2.D des TCD (Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants). Les émissions de CO_2 provenant de la production de styrène sont déclarées avec la mention « IA » (incluses ailleurs) dans le logiciel de déclaration des TCD, car il est impossible de ventiler la catégorie 2.D.

4.3.4.2. Questions de méthodologie

Production de méthanol (catégories 2.B.8.a et 2.B.10 des TCD)

Lorsqu'elles existaient, les données sur les émissions de CO_2, de CH_4, et de N_2O déclarées par les installations ont été incluses dans le présent rapport. Les émissions restantes ont été estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2, par laquelle les données déclarées sur la production et les émissions des installations ont servi à calculer un coefficient d'émission propre au pays pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O. Les valeurs de la production nationale de méthanol ont été tirées du CPI Product Profile de Camford pour la période de 1990 à 1999, et ces valeurs de 2000 à 2006 ont été estimées à partir de l'utilisation présumée de la capacité (Cheminfo Services, 2010).

La production de méthanol a repris au Canada en 2011, dans une installation précédemment incluse dans l'inventaire. Les coefficients d'émission propres au pays ont été mis à jour en 2023 pour tenir compte des émissions déclarées par l'usine au PDGES. Pour la période commençant en 2012, les données de production sont tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée *Produits chimiques industriels et résines synthétiques.*

Production d'éthylène (catégories 2.B.8.b et 2.B.10 des TCD)

Deux études de consultation ont été demandées pour évaluer les sources d'émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O dans la production pétrochimique canadienne, ainsi que la quantité de combustibles utilisés comme matières premières. Ce dernier aspect visait à faire une distinction entre les émissions associées à la production pétrochimique (catégorie 2.B.8 des TCD) et les émissions associées aux utilisations non énergétiques des combustibles (catégorie 2.D des TCD).

Dans le cadre de la première étude (Cheminfo Services, 2010), un questionnaire a été envoyé au nom d'Environnement Canada aux quatre entreprises qui avaient produit de l'éthylène au Canada. Trois des quatre installations ont répondu de façon volontaire au questionnaire; ces trois installations étaient responsables de 90 % de la capacité de production d'éthylène au Canada en 2009. Les données communiquées, qui comprenaient les émissions et les valeurs de production pour les années 2007 à 2009, ont servi à formuler les coefficients d'émission de N_2O à l'échelle des installations. La seconde étude (Cheminfo Services, 2015) examinait les combustibles utilisés par les producteurs canadiens d'éthylène pendant la période de 1990 à 2014 et les coefficients d'émission pour le CO_2 et le CH_4 à l'échelle des installations, année après année. Les deux coefficients d'émission évoluent au fil du temps, au rythme de la modification des quantités de matières premières consommées dans la production canadienne d'éthylène. En 2021, une analyse à l'interne des matières premières employées par les installations a été réalisée et a révélé qu'en 2016, deux entreprises ont changé le type de combustible utilisé dans leur production. Les coefficients d'émission de ces installations ont été mis à jour avec les nouvelles matières premières à l'aide de la méthodologie de Cheminfo Service (2015).

Les données sur la production nationale d'éthylène sont tirées du CPI Product Profile de Camford pour la période de 1990 à 1995, et des données de production fournies par les entreprises pour la période de 2007 à 2009. Les données pour la période commençant en 2008 sont tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. Les coefficients d'émission de chaque installation sont confidentiels, car ils ont été calculés à partir de données commerciales sensibles. Cependant, les coefficients d'émission moyens pour l'ensemble de l'industrie sont présentés à l'Annexe 6.

Quand une installation avait directement déclaré les émissions de GES issues de procédés, ces données étaient utilisées aux fins de l'inventaire. Quand les données n'existaient pas, ces émissions étaient estimées en fonction de la production d'éthylène estimée (les émissions ont été réparties pour chaque installation n'ayant pas soumis de déclaration, en proportion de sa capacité) et les coefficients d'émission propres à l'usine correspondants. Les émissions de CO_2 et de CH_4 pour toute la série chronologique ont été déclarées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO_2 et de CH_4) en raison du caractère confidentiel des données de production de l'oxyde d'éthylène. Quant aux émissions de N_2O, elles sont déclarées dans la catégorie 2.B.10, Autres (Production d'éthylène – Émissions de N_2O).

Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.8.c des TCD)

Les données sur les émissions de CH_4 attribuables à la production de dichlorure d'éthylène (DCE) de 1990 à 2006 ont été obtenues à partir d'une étude de consultation. Les installations de production de DCE ont cessé leurs activités et aucun questionnaire rempli n'a pu être fourni pour les données antérieures, de sorte qu'une méthode de calcul de Niveau 1 (la production annuelle multipliée par le coefficient d'émission par défaut de la méthode de Niveau 1 du GIEC) est utilisée pour estimer les émissions de CH_4 issues de procédés pour la période de 1990 à 2006. Les données sur la production annuelle de DCE sont tirées du Canadian C2+ Petrochemical Report, qu'un consultant indépendant qui fournit de l'information commerciale à l'industrie chimique canadienne a préparé et publié. Ce rapport contient des renseignements sur les quantités restantes d'éthylène et de ses dérivés à partir de la production totale, des dispositions et des statistiques du commerce extérieur canadien. Les coefficients par défaut d'émission de CH_4 par les procédés utilisés dans la production de DCE sont calculés à partir du facteur intégré DCE/CMV dans le Tableau 3–19 des Lignes directrices 2006 du GIEC, à l'aide du facteur de consommation de matières premières déterminé par la méthode de Niveau 1 relative aux réactions DCE/CMV. Aux fins de l'estimation des émissions à l'échelle provinciale, Cheminfo Services a réparti la production annuelle de DCE par installation en proportion de la capacité de chaque installation (la production annuelle a été calculée à l'aide des données sur la capacité de production déclarée par les entreprises dans le cadre de l'étude menée par Cheminfo en 2010).

Production d'oxyde d'éthylène (catégorie 2.B.8.d des TCD)

Les émissions de CO_2 et de CH_4 provenant de la production d'oxyde d'éthylène ont été estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 1 du GIEC de 2006, qui consistait à multiplier les quantités annuelles produites par chaque usine par les coefficients d'émission. Les coefficients d'émission de Niveau 1 pour le CO_2 et le CH_4 ont été sélectionnés dans les tableaux 3.20 et 3.21 des Lignes directrices 2006 du GIEC en fonction des connaissances des experts-conseils de l'industrie (Cheminfo, 2010). Les sources des données sur les activités et des coefficients d'émission, ainsi que toutes les méthodes de ventilation des données, les hypothèses et les techniques d'imputation des données manquantes sont présentées dans le Tableau 4–12.

Deux entreprises productrices d'oxyde d'éthylène ou moins étaient en activité lors d'une année donnée (Tableau 4–11). Pour protéger les données confidentielles sur la production et la sélectivité des catalyseurs d'oxyde d'éthylène, toutes les données sont consolidées dans la catégorie 2.B.8.g, Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO_2 et de CH_4) dans leur déclaration selon les TCD, et ce, pour l'ensemble de la série chronologique.

Tableau 4–12 **Sources de données et méthodes utilisées relativement aux estimations de l'oxyde d'éthylène**

Variable	Années	Source des données et méthodologie
Données sur les activités	1990–2009	Les données sur la production nationale provenant du *Canadian C2+ Petrochemical Report* ont été subdivisées dans les installations individuelles selon leur capacité relative (Cheminfo, 2010).
	2010–2015	Interpolées à l'aide des données de 2009 et 2016.
	2016	Toutes les installations : les données à l'échelle des installations déclarées à l'enquête Produits chimiques industriels et résines synthétiques (PCIRS) de Statistique Canada.
	2017–2018	2 installations : données à l'échelle des installations déclarées à l'enquête PCIRS. 2 installations: données regroupées à l'échelle des entreprises déclarées à l'enquête PCIRS, ventilées à l'aide des rapports de production à l'échelle des installations de 2016.
	2019–aujourd'hui	2 installations : données à l'échelle des installations déclarées à l'enquête PCIRS. 2 installations : Statistique Canada a imputé les données manquantes à l'échelle de l'entreprise en estimant en prix constants les données sur les envois monétaires provenant de l'Enquête annuelle sur les industries manufacturières et de l'exploitation forestière ou de l'Enquête mensuelle sur les industries manufacturières pour calculer la croissance ou le déclin à partir des niveaux de production de 2018. Ces données imputées à l'échelle de l'entreprise ont par la suite été ventilées à l'aide des rapports de production à l'échelle des installations de 2016.
Coefficient d'émission du CO_2	Toutes les années	3 installations : le consultant connaissait la sélectivité des catalyseurs de l'usine et les taux de CO_2 des procédés industriels; des coefficient d'émissions de CO_2 de Niveau 1 ont été choisis ou calculés à l'aide du Tableau 3.20 des Lignes directrices 2006 du GIEC (Cheminfo, 2010). 2 installations : le consultant ne connaissait pas la sélectivité des catalyseurs de l'usine; le coefficient d'émission par défaut de CO_2 de Niveau 1 a été sélectionné pour le procédé à l'oxygène dans le Tableau 3.20 (Cheminfo, 2010).
Coefficient d'émission du CH_4	Toutes les années	Toutes les installations : aucun renseignement sur le traitement thermique n'existait; le coefficient d'émission par défaut de CH_4 de Niveau 1 a été sélectionné dans le Tableau 3.21 des Lignes directrices 2006 du GIEC, Volume 3 (Cheminfo, 2010).

Production de noir de carbone (catégories 2.B.8.f et 2.B.10 des TCD)

Les émissions de CH_4 et de N_2O issues de la production de noir de carbone ont été estimées en 2010 à l'aide d'une étude de consultation. Un questionnaire visant à recueillir des données sur la capacité et la production pour la période de 1990 à 2009 et sur les émissions des GES issues des procédés a été envoyé aux trois installations de production de noir de carbone en activité. Les trois installations ont fourni des données sur la capacité en lien avec le noir de carbone pour la période de 1990 à 2009, mais elles n'ont pas toutes indiqué leurs émissions issues des procédés.

À partir des réponses reçues, deux coefficients d'émission de Niveau 3 propres aux installations pour le CH_4 ont été calculés comme des moyennes pondérées des données déclarées pour la période de 2007 à 2009. Deux coefficients d'émission pour l'ensemble du secteur, soit un pour le CH_4 et un autre pour le N_2O, ont également été calculés sous forme de moyennes pondérées à l'aide du même ensemble de données déclarées par les deux installations (1,3 kg de CH_4/t de produit et 0,032 kg de N_2O/t de produit).

La valeur du coefficient d'émission de CH_4 pour l'ensemble du secteur est inférieure à la valeur par défaut du GIEC (11 kg de CH_4/t de produit). Il est supposé que le CE par défaut du GIEC, qui est fondé sur une seule étude, englobait le CH_4 issu de l'utilisation de combustibles. Le coefficient d'émission du Canada comprend seulement le CH_4 qui provient directement de la matière première.

Les coefficients d'émission pour l'ensemble du secteur sont appliqués lorsqu'un coefficient d'émission propre à une installation ne peut être utilisé. Quand une installation fournit directement des données sur les émissions de procédés, ces données sont indiquées dans l'inventaire. Cependant, faute de données à cet effet, les émissions sont estimées par la multiplication de la production de noir de carbone (déclarée ou estimée) avec le coefficient d'émission propre à l'installation ou de l'ensemble du secteur. La production estimée de noir de carbone a été calculée ainsi : le total national de la production

de noir de carbone moins la somme de toute la production nationale de noir de carbone déclarée; le résultat a ensuite été réparti à chacune des installations non déclarantes en proportion de leur capacité de production. Les données sur la production nationale de noir de carbone ont été tirées du CPI Product Profile de Camford pour la période de 1990 à 1995 et des déclarations des entreprises pour la période de 2007 à 2009. Les valeurs pour les années entre ces deux périodes (soit de 1996 à 2006) ont été calculées en fonction du taux de croissance moyen du secteur de 1990 à 1994. La production totale du secteur pour chaque année de la période de 1996 à 2006 a été calculée par multiplication du taux de croissance moyen du secteur avec la production totale du secteur de l'année précédente (à compter de 1995). Les données sur la production pour l'année 2010 et les suivantes ont été tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques.

Production de styrène (catégorie 2.B.8 des TCD)

Faute de données provenant des installations, une méthode de Niveau 1 a servi à estimer les émissions de CH_4 des procédés. Les données sur la production annuelle de styrène ont été tirées du Canadian C2+ Petrochemical Report. Aux fins d'estimation des émissions à l'échelle provinciale, la production annuelle de styrène est répartie par installation en proportion de la capacité de chaque installation pour les années 1990 à 2009. En raison de l'absence de données de production pour 2010 et 2011, il est supposé que la production est la même qu'en 2009. Pour l'année 2012 et les suivantes, les données sur la production sont tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée *Produits chimiques industriels et résines synthétiques*.

Le coefficient d'émission de CH_4 par défaut pour le styrène (4 kg/t) est tiré du Tableau 2–10 des Lignes directrices du GIEC—Version révisée de 1996 (GIEC/OCDE/AEI, 1997). Étant donné que la production de styrène ne figure pas dans la section des produits pétrochimiques des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), aucun coefficient d'émission plus récent n'a pu être appliqué.

Pour protéger les données confidentielles sur les activités relatives au styrène, les émissions de CH_4 ont été déclarées dans la catégorie 2.B.8.g, Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO_2 et de CH_4), pour l'ensemble de la série chronologique.

Les données sur les activités relatives à la production d'oxyde d'éthylène contiennent des données confidentielles qui doivent être protégées pour toute la série chronologique. Le Tableau 4–13 présente les catégories dont les émissions estimatives de GES associées doivent être agrégées dans leur déclaration selon les TCD. Les émissions de CO_2 et de CH_4 sont agrégées dans la catégorie 2.B.8.g, Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO_2 et de CH_4). Quant aux émissions de N_2O, il n'est pas nécessaire de les agréger pour protéger la confidentialité.

Tableau 4–13 **Catégories comprises dans le nœud confidentiel des TCD**

Catégorie	De 1990 à aujourd'hui
Éthylène	CO_2, CH_4
Oxyde d'éthylène	CO_2, CH_4
Styrène	CH_4

4.3.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'évaluation du degré d'incertitude pour la Production pétrochimique et de noir de carbone se basait sur l'étude de Cheminfo Services (2010). Dans le cadre de cette étude, les répondants ont été invités à fournir leur meilleure estimation de l'incertitude de chacune des variables déclarées. Très peu de répondants ont estimé l'incertitude sur leurs données. Par conséquent, des incertitudes basées sur les connaissances d'experts de l'industrie ont servi à l'analyse. Le Tableau 4–14 résume le niveau et les plages d'incertitude estimées pour chacune des sous-catégories.

Tableau 4–14 **Résumé de l'évaluation du degré d'incertitude pour la Production pétrochimique et de noir de carbone**

Catégorie	Catégorie des TCD	Niveau de l'évaluation du degré d'incertitude	Gaz	Plage d'incertitude	Années
Production de méthanol	2.B.8.a, 2.B.10	Niveau 1	CH_4	±8 % à ±15 %	1990–aujourd'hui
			N_2O	±11 % à ±30 %	
			CO_2	±4 % à ±11 %	
Production d'éthylène	2.B.8.b, 2.B.10	Niveau 1	CH_4	±7 % à 12 %	1990–aujourd'hui
			N_2O	±12 % à ±21 %	
			CO_2	±4 % à ±7 %	
Production de dichlorure d'éthylène	2.8.8.c	Niveau 1	CH_4	±9 % à ±11 %	1990–2006
Oxyde d'éthylène	2.B.8.d	Niveau 2	CH_4	±30 % à ±38 %	1990–aujourd'hui
			CO_2	±5 % & ±9 %	
Production de noir de carbone	2.B.8.f, 2.B.10	Niveau 1	CH_4	±6 % à ± 11 %	1990–aujourd'hui
			N_2O	±11 % à ±13 %	
			CO_2	±2 à ±7	
Production de styrène	2.B.8.g	Niveau 1	CH_4	±20 % à ±23 %	1990–aujourd'hui

4.3.4.4. AQ/QC et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans les catégories de la Production pétrochimique et de noir de carbone.

En outre, les vérifications suivantes ont été effectuées pour la production d'oxyde d'éthylène :

- vérification que les données sur les activités sont déclarées pour toutes les années civiles et que les données manquantes sont comblées par Statistique Canada à l'aide de données de substitution selon une méthode conforme aux méthodes du Chapitre 5, Volume 1, des Lignes directrices 2006 du GIEC;
- vérification des données nouvelles ou révisées sur les activités pour repérer les différences interannuelles inexpliquées supérieures à 10 %, et communication avec les sources de données pour confirmer et obtenir des explications, le cas échéant.

4.3.4.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.3.4.6. Améliorations prévues

Production d'oxyde d'éthylène (catégorie 2.B.8.d des TCD)

ECCC collabore avec les producteurs d'oxyde d'éthylène pour obtenir des données visant à établir une estimation de Niveau 2 du bilan massique du CO_2 et comptabiliser le captage et le stockage permanent du carbone.

4.3.5. Production de carbure, production de dioxyde de titane, production fluorochimique et autres utilisations de l'urée (catégories 2.B.5, 2.B.6, 2.B.7, 2.B.9.a et 2.B.10.b des TCD)

4.3.5.1. Description de la catégorie

Production de carbure (catégorie 2.B.5 des TCD)

La présente section porte sur deux types de carbure : le carbure de silicium (SiC) et le carbure de calcium (CaC_2). La production de SiC et de CaC_2 a cessé au Canada avec la fermeture des deux dernières installations de SiC en 2002 et de l'unique installation de CaC_2 en 1992.

Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 des TCD)

Le dioxyde de titane (TiO_2) est l'un des pigments blancs les plus couramment utilisés (GIEC, 2006). Il est principalement employé dans la fabrication de peinture, de papier et de plastique, la production de caoutchouc et divers autres produits (GIEC, 2006).

Il existe trois procédés industriels liés à la production de TiO_2 pouvant entraîner d'importantes émissions de gaz à effet de serre : la production de scories de titane, la production de rutile synthétique et la production de rutile (TiO_2) à l'aide du procédé au chlorure (GIEC, 2006). Une autre voie de production de TiO_2, la production d'anatase (TiO_2) à l'aide du procédé au sulfate, ne produit aucune quantité importante d'émissions attribuables à des procédés (GIEC, 2006).

Au Canada, il existe deux installations dont les types de production de TiO_2 donnent des émissions de GES attribuables à des procédés : les sociétés Rio Tinto Fer et Titane et Kronos Canada. La société Rio Tinto Fer et Titane à Sorel-Tracy, au Québec, produit des scories de titane par fusion d'ilménite dans un four électrique à arc en utilisant de la houille anthraciteuse comme réducteur (Weidenhammer, 2021). Les produits de scories de titane sont expédiés en tant qu'intrants de procédés pour produire du TiO_2 à l'aide du procédé au sulfate et du procédé au chlorure. La société Kronos Canada à Varennes, au Québec, produit du TiO_2 à l'aide du procédé au chlorure, en employant du coke de pétrole comme agent réducteur d'une réaction carbothermique (Cheminfo, 2010).

La société Kronos Canada exploite également une chaîne de procédés au sulfate, qui digère les scories de titane à l'aide d'acide sulfurique (Cheminfo, 2010). La société Tioxide Canada, qui était située directement en face de la Rio Tinto Fer et Titane, a également produit du TiO_2 au moyen du procédé au sulfate jusqu'en 1993 (Environnement Canada, 1996).

Production de carbonate de sodium (catégorie 2.B.7 des TCD)

Le carbonate de sodium peut être produit par le procédé Solvay dans lequel du chlorure de sodium (saumure), du calcaire, du coke métallurgique et de l'ammoniac sont utilisés comme matières premières dans une série de réactions. Bien que le CO_2 soit un sous-produit de certaines de ces réactions, il est récupéré et recyclé pour être utilisé à l'étape de la carbonatation, c.-à-d. la production de CO_2 est égale à son absorption (GIEC, 2006). Au Canada, il n'y avait qu'une seule usine de production de carbonate de sodium par le procédé Solvay en activité entre 1990 et 2001. Il n'y a pas eu de production au pays depuis 2001.

Production fluorochimique (émissions de sous-produits, catégorie 2.B.9.a des TCD)

La fabrication du HCFC-22 génère un sous-produit, le trifluorométhane (HFC-23 ou CHF_3) [GIEC, 2006]. Deux producteurs de HCFC-22 (Dupont Canada et Allied Signal) avaient des activités au Canada dans les années 1980 et au début des années 1990, mais ils ont cessé la production en 1992. Au Canada, il n'y a plus de fabrication ou d'importation d'équipement contenant du HCFC-22 depuis le 1er janvier 2010 (ICCCR, 2008). Les rejets de HFC-23 comme sous-produit de la production de HCFC-22 étaient de 810 kt, 890 kt et 700 kt, respectivement, en 1990, 1991 et 1992. Il n'y a eu aucune production connue d'hexafluorure de soufre (SF_6) ou d'hydrocarbures perfluorés (PFC) au Canada durant toute cette série chronologique.

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10.b des TCD, Autres [Autres utilisations de l'urée – Émissions de CO_2])

La catégorie des Autres utilisations de l'urée tient compte des émissions potentielles provenant de l'urée utilisée comme ingrédient dans la fabrication de résines, de plastiques ou de produits de revêtement. Afin de déterminer la quantité d'urée pour cette catégorie, Autres utilisations de l'urée, la quantité totale d'urée produite dans les usines de production d'ammoniac est équilibrée avec la quantité d'urée importée au Canada, la quantité d'urée exportée à partir du Canada et la quantité d'urée utilisée en agriculture ainsi que la quantité estimée d'additifs à base d'urée nécessaires dans les convertisseurs catalytiques des véhicules.

4.3.5.2. Questions de méthodologie

Production de carbure (catégorie 2.B.5 des TCD)

Les coefficients d'émission par défaut de la méthode de niveau 1 du GIEC ont été utilisés pour estimer les émissions de CH_4 attribuables à la production de carbure. Une étude a été demandée pour déterminer la capacité de production des trois installations de production de carbure au Canada. Une estimation des émissions de CH_4 issues des procédés a été établie pour les deux installations de production de carbure de silicium de 1990 à 2001 et pour une installation de production de carbure de calcium en 1990 et 1991 d'après l'utilisation présumée de la capacité et les coefficients d'émission de CH_4. Seules les données sur la capacité de production (SiC et CaC_2) au cours de la série chronologique ont été obtenues dans cette étude. L'Équation 4–11 a donc servi à estimer les émissions totales de CH_4 découlant de la production de carbure :

Équation 4–11

$$\textit{Émissions totales de } CH_4 \textit{ (t)} = \sum^{y} [(\textit{capacité de production de SiC} \times \textit{utilisation de la capacité} \times \textit{coefficient d'émission pour la production de SiC}) + (\textit{capacité de production de } CaC_2 \times \textit{utilisation de la capacité} \times \textit{coefficient d'émission pour la production de } CaC_2)]$$

y	=	représente les entreprises
capacité de production de SiC/CaC_2	=	données recueillies auprès de l'industrie, en kt
utilisation de la capacité	=	d'après la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services, en %
coefficient d'émission pour la production de SiC	=	voir l'Annexe 6
coefficient d'émission pour la production de CaC_2	=	voir l'Annexe 6

Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 des TCD)

En général, les installations qui produisent du dioxyde de titane déclarent leurs intrants de procédés aux enquêtes d'appoint du Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie (BDEE) en tant qu'intrants énergétiques plutôt qu'intrants de procédés. Par conséquent, les émissions issues de procédés sont surtout comprises dans les estimations du secteur de l'Énergie (Tableau 4–15). Étant donné cette situation, les émissions de CO_2 de la catégorie Production de dioxyde de titane sont indiquées comme étant « incluses ailleurs » (mention IA) dans les TCD.

Tableau 4–15 **Production de dioxyde de titane au Canada et emplacement des émissions issues de procédés dans les TCD**

Entreprise	Endroit	Produit[a]	Intrant du processus primaire[a]	Années	Emplacement des données sur les émissions dans les TCD[b]
Rio Tinto Fer et Titane	Sorel-Tracy, QC	Scorie de titane	Charbon anthracite	1990–aujourd'hui	1.A.2.b – Métaux non-ferreux
Kronos Canada	Varennes, QC	TiO_2 – Procédé au chlorure	Coke de pétrole	1990–2020	1.A.2.c – Produits chimiques
				2021–aujourd'hui	2.C.1.a – Acier, 2.C.3 – Aluminium et 2.D.3.d. – Produits non énergétiques provenant de combustibles et l'utilisation de solvant – Autres et indifférenciés

Notes :

a. Les types de produits utilisent les définitions provenant des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Ces types ainsi que les intrants du processus primaire ont été déterminés selon le rapport intitulé *Developments in Canadian Hydrometallurgy Since 1950* (Weidenhammer, 2021, en anglais seulement) et d'une étude mandatée de Cheminfo (Cheminfo, 2010).

b. À partir de 2021, l'utilisation de coke de pétrole dans la production de dioxyde de titane a été déclarée dans le BDEEC avec toutes les autres utilisations non énergétiques du coke de pétrole. Pour éviter la double comptabilisation, les quantités de coke de pétrole estimées comme servant à la production d'acier et d'aluminium sont soustraites de toutes les autres utilisations non énergétiques du coke de pétrole. Le coke de pétrole restant (le cas échéant) est utilisé pour estimer les émissions dans la catégorie 2.D.3.d des TCD.

Production de carbonate de sodium (catégorie 2.B.7 des TCD)

Une méthode de Niveau 1 a servi à estimer les émissions de CO_2 potentiellement issues du procédé de production de carbonate pour les années de déclaration applicables (de 1990 à 2001). Cependant, les émissions nettes de CO_2 sont considérées comme étant négligeables, car le CO_2 découlant du procédé de Solvay a été récupéré pour être réutilisé et ces émissions ont été enregistrées comme telles dans la catégorie 2.B.7 du logiciel de déclaration des TCD (AMEC, 2006).

Production fluorochimique (émissions de sous-produits, catégorie 2.B.9.a des TCD)

Pour estimer les émissions de HFC-23 associées à la production de HCFC-22, la production totale de HCFC-22 est multipliée par le coefficient d'émission de niveau 1 par défaut du GIEC, soit 0,04 t de HFC-23/t de HCFC-22 produite (GIEC, 2006). Il est supposé que la destruction (par oxydation thermique) ou la transformation du HFC-23 ne se pratiquait pas au Canada. Environnement Canada a recueilli des données de production pour 1990–1992 auprès des producteurs de HCFC[13].

13 Bovet Y., et Y. Guilbault. 2004–2006. Communications personnelles (courriels envoyés par Y. Bovet et Y. Guilbault à A. Au, Environnement Canada, reçus de 2004 à 2006). Section de l'utilisation des produits et de l'application de contrôles (SUPAC).

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10.b des TCD, Autres [Autres utilisations de l'urée – Émissions de CO_2])

Les Lignes directrices 2006 du GIEC ne renferment pas de méthode pour estimer les émissions provenant des autres utilisations de l'urée. Comme le contexte canadien est semblable à celui des États-Unis pour cette catégorie, la méthodologie canadienne dans l'Équation 4–12 a été dérivée de celle décrite dans le National GHG Inventory des États-Unis (U.S. EPA, 2018).

Équation 4–12

$$\textit{Émissions totales de } CO_2\ (t) = \left[U_{production} - U_{engrais} + U_{importations} - U_{exportations} - (U_{NAU\ engrais} - U_{NAU\ importations}) - U_{NAU\ exportations} - U_{RCS}\right] \times CE$$

$U_{production}$ = urée produite au Canada (t)

$U_{engrais}$, $U_{NAU\ engrais}$ = urée épandue comme engrais (t) sous forme d'urée et de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU)

$U_{importations}$, $U_{NAU\ importations}$ = urée importée au Canada (t) sous forme d'urée ou de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU)

$U_{exportations}$, $U_{NAU\ exportations}$ = urée exportée du Canada (t) sous forme d'urée ou de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU)

U_{RCS} = urée utilisée comme additif dans les convertisseurs catalytiques (t)

CE = 0,733 t de CO_2 émis par t d'urée

La collecte de données sur la production d'urée est décrite à la section 4.3.1.

Les données sur les importations et les exportations d'urée et de nitrate d'ammonium et d'urée depuis 1990 ont été tirées de l'application Web sur le commerce international de marchandises du Canada de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [f]).

Les données provinciales sur les quantités d'urée et de nitrate d'ammonium et d'urée utilisées comme engrais ont été tirées du secteur AFAAT et additionnées pour obtenir la somme totale nationale. Enfin, les sommes totales nationales pour l'urée utilisée comme additif dans les convertisseurs catalytiques ont été calculées tel que discuté à la section 4.5 et déclarées dans la catégorie 2.D.3.d des TCD.

Il est supposé que l'urée qui n'est pas utilisée comme engrais ou comme additif dans les convertisseurs catalytiques ou qui n'est pas exportée au cours de l'année où elle a été produite est utilisée comme ingrédient dans la fabrication de résine, de plastiques ou de revêtements. Il est supposé aussi que tout le carbone contenu dans l'urée utilisée à d'autres fins est rejeté la même année que la production ou l'importation de l'urée.

Pour estimer le CO_2 émis par les Autres utilisations de l'urée, un coefficient d'émission de 0,733 kg de CO_2 émis/kg d'urée utilisée est appliqué. Ce coefficient correspond à la quantité stœchiométrique de CO_2 requise pour produire de l'urée, en supposant la conversion complète de l'ammoniac et du CO_2 en urée (GIEC, 2006). Le même coefficient est utilisé comme coefficient d'émission selon l'hypothèse que tout le CO_2 contenu dans l'urée produite est émis au moment de l'utilisation de l'urée.

Les estimations provinciales de CO_2 sont allouées à partir des estimations nationales de CO_2 à l'aide des données économiques d'ECCC sur les industries susceptibles d'utiliser l'urée indiquées au Tableau 4–16 (ECCC, 2025b).

Tableau 4–16 **Industries ayant servi à l'attribution provinciale des émissions en lien avec les autres utilisations de l'urée**

Code du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord	Description
313 et 314	Usines de textiles et usines de produits textiles
315 et 316	Fabrication de vêtements et de produits en cuir et de produits analogues
32513	Fabrication de teintures et de pigments synthétiques
3252, de 3255 à 3259	Autres produits chimiques
326	Fabrication de produits en plastique et en caoutchouc
339	Activités diverses de fabrication
481	Transport aérien

4.3.5.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les évaluations d'incertitude pour la Production de carbure se basaient sur l'étude de Cheminfo Services (2010). Dans le cadre de l'étude de Cheminfo (2010), les répondants se faisaient demander leur meilleure estimation de l'incertitude pour chacune des variables déclarées, mais très peu de répondants ont donné des estimations sur les incertitudes dans leurs données. Par conséquent, des incertitudes fondées sur les connaissances d'experts de l'industrie ont servi à l'analyse. Pour la Production de carbonate de sodium, la méthode, le coefficient d'émission et les données sur les activités étaient cohérents sur toute la série chronologique. L'évaluation de la Production fluorochimique et des Autres utilisations de l'urée suivent les Lignes directrices 2006 du GIEC. Le Tableau 4–17 résume le Niveau et les plages d'incertitude estimées pour chacune des catégories.

Tableau 4–17 **Résumé des évaluations d'incertitudes**

Catégorie	Catégorie des TCD	Niveau de l'évaluation du degré d'incertitude	Gaz	Plage d'incertitude	Années
Production de carbure	2.B.5	Niveau 1	CO_2	de ±16 % à ±27 %	De 1990 à 2001
Production de carbonate de sodium	2.B.7	Niveau 1	CO_2	±14 %	De 1990 à 2002
Production fluorochimique[a]	2.B.9.a	Niveau 1	HFC-23	±50 %	De 1990 à 1992
Autres utilisations de l'urée[b]	2.B.10.b	Niveau 1	CO_2	de ±7 % à ±10 %	De 1990 à aujourd'hui

Notes :

a. L'incertitude associée aux estimations des émissions de HFC-23 n'a pas été évaluée. Toutefois, les données de production déclarées par les producteurs de HCFC-22 sont considérées comme raisonnablement exactes. Une source importante d'incertitude peut être attribuée au coefficient d'émission par défaut de Niveau 1, lequel ne tient pas compte des conditions propres aux installations, puisque la corrélation entre la quantité de HFC-23 émise et le taux de production de HCFC-22 peut varier selon l'infrastructure des installations et les conditions d'exploitation (GIEC, 2006). Les Lignes directrices du GIEC de 2006 indiquent qu'un facteur d'incertitude de 50 % pour une estimation de la production de HFC de Niveau 1 serait approprié.

b. L'évaluation a intégré les incertitudes associées aux données sur la production d'urée, aux données d'importation et d'exportation, aux données sur l'urée employée en agriculture, à l'urée utilisée dans les catalyseurs, ainsi qu'au facteur de conversion de l'urée en CO_2. En outre, l'hypothèse était que la valeur calculée de l'urée accessible pour d'autres utilisations au cours d'une année avait une grande incertitude, en raison de l'hypothèse selon laquelle toute l'urée est convertie en CO_2, et ce, quel que soit le type de produit final.

4.3.5.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans les catégories de la Production de carbure, la Production de carbonate de sodium, la Production fluorochimique et les Autres utilisations de l'urée.

Le contrôle des données officieux suivant est également effectué pour la catégorie Autres utilisations de l'urée :

- comparaison de la somme des données de production d'urée déclarées par les installations reçues dans le cadre du PDGES (ECCC, 2025a) avec la somme des données de production nationale publiée dans le rapport de l'enquête relative aux produits chimiques industriels et aux résines synthétiques de Statistique Canada, pour s'assurer que les données sur les activités sont exhaustives.

4.3.5.5. Recalculs

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10 des TCD, Autres [Autres utilisations de l'urée – Émissions de CO_2])

Les émissions estimatives de CO_2 des Autres utilisations de l'urée ont été recalculées pour toutes les années à l'aide des données révisées sur l'utilisation d'engrais de 1990 à 2020 et de 2022, des données révisées sur les véhicules dotés d'un système de RCS de 2009 à 2022 et des données révisées sur l'importation d'urée de 2022 à 2023. Les recalculs allaient de -3 kt d'éq. CO_2 en 2022 à +3 kt d'éq. CO_2 en 2011. De plus, les estimations provinciales ont été recalculées à partir de données économiques révisées.

4.3.5.6. Améliorations prévues

Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 des TCD)

Comme indiqué à la section 4.3.5.2, les émissions provenant de la catégorie 2.B.6 sont actuellement déclarées dans d'autres catégories d'Énergie et du secteur PIUP (Tableau 4–15). Ainsi, la mention « IA » (incluses ailleurs) est utilisée dans les TCD pour cette catégorie. Afin que les émissions soient bien réallouées à la catégorie risquant de dépasser 500 kt d'éq. CO_2 comme ordre de grandeur, des sources de données variées sont à l'étude. Des efforts seront également faits pour s'assurer que les quantités d'entrée du procédé sont rapprochées des autres catégories de l'inventaire pour éviter la double comptabilisation.

4.4. Production de métaux (catégorie 2.C des TCD)

4.4.1. Production sidérurgique (catégorie 2.C.1 des TCD)

4.4.1.1. Description de la catégorie

La catégorie clé de la Production sidérurgique comptait pour 10 241 kt (1,5 %) des émissions totales du Canada en 2024, soit une baisse de 12 % depuis 2005.

Il y a quatre usines sidérurgiques intégrées au Canada, toutes situées en Ontario. Une des usines utilise le procédé de four électrique à arc (FEA) pour une partie de l'acier qu'elle produit. En 2013, les installations de production sidérurgique de l'une des usines ont fermé, mais sa batterie de fours à coke demeure exploitée pour produire du coke. L'Annexe 3.3 donne de plus amples détails sur les technologies de production employées au Canada dans le secteur de la sidérurgie.

Dans la production de fonte brute, le carbone joue le double rôle de combustible et d'agent réducteur. Les émissions résultant de la combustion de combustibles, comme les gaz des fours à coke, ne sont pas déclarées dans cette catégorie, mais plutôt dans la catégorie industrielle appropriée du secteur de l'Énergie.

Les émissions totales de la catégorie de la Production sidérurgique représentent la somme des émissions des sources suivantes :

- les émissions de CO_2 résultant de l'oxydation du carbone, qui a lieu lorsque le minerai de fer est réduit en fonte brute;
- les émissions produites durant la production d'acier, qui sont nettement moindres (elles résultent de l'oxydation du carbone dans le fer brut et de la consommation d'électrodes);
- les émissions de CO_2 rejetées par le fondant de calcaire dans le haut fourneau;
- les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de carbonates dans la production de boulettes de minerai de fer;
- les émissions de CH_4 provenant de l'utilisation de coke métallurgique et de gaz naturel (comme agent réducteur).

4.4.1.2. Questions de méthodologie

Une méthode de Niveau 2 du GIEC est utilisée pour estimer la plupart des émissions imputables à la Production sidérurgique (GIEC, 2006). Toutefois, la production de boulettes de minerai de fer est estimée à l'aide d'une méthode de Niveau 1. La méthode tient compte des activités des installations canadiennes et applique des coefficients d'émission pour le coke ($CE_{coke_mét}$), le gaz naturel (CE_{GN}) et une teneur en carbone de la fonte brute propres au Canada. Pour des précisions sur le secteur canadien de la Production sidérurgique, veuillez consulter l'Annexe 3.3.

Production de fonte brute (catégorie 2.C.1.b des TCD)

Les émissions de CO_2 issues de la production de fonte brute dans les hauts fourneaux sont indiquées dans la catégorie 2.C.1.b des TCD, Fonte brute. En 2024, un changement a eu lieu dans la méthodologie servant à estimer la production de fonte brute. Par ce changement, le gaz naturel utilisé comme agent réducteur dans le haut fourneau est compris, en plus du coke métallurgique. Un sondage à participation volontaire a été envoyé aux installations produisant de la fonte brute dans le but d'obtenir les volumes de gaz naturel utilisés de 1990 à 2017, sondage auquel deux des trois opérateurs de haut fourneau ont répondu. Les données recueillies ont été intégrées à la série chronologique, en plus des données du PDGES depuis 2018. Auparavant, tout le gaz naturel employé dans le secteur sidérurgique était déclaré dans la catégorie 1.A.2.a. des TCD. Un rapprochement avec la catégorie de l'énergie a été effectué pour éviter une double comptabilisation. Les émissions de CO_2 ont été estimées à l'aide de l'Équation 4–13 :

Équation 4–13

$$E_{CO2_FB} = (CE_{coke_mét} \times M_{coke_mét} + CE_{GN} \times V_{GN}) - (P_{FB} \times TC_{FB}) \times (44/12)$$

E_{CO2_FB}	=	émissions issues des procédés de production de fonte brute, en kt
$CE_{coke_mét}$	=	coefficients d'émission propres à l'année, t de CO_2/t de coke métallurgique utilisé
$M_{coke_mét}$	=	masse de coke métallurgique, minerai, en kt
CE_{GN}		coefficients d'émission propres à l'année (g CO_2 / m^3 de gaz naturel utilisé)
V_{GN}		volume de gaz naturel (m^3)
TC_{FB}	=	teneur en carbone de coke métallurgique, fonte brute, en %
P_{FB}	=	production de fonte brute, en kt
$44/12$	=	rapport entre le poids moléculaire du CO_2 et le poids moléculaire du carbone

Tableau 4–18 **Sources des données sur les activités de production sidérurgique et des autres variables utilisées dans l'Équation 4–13**

Variable	Années	Source
M_{met_coke} : coke metallurgique utilisé	De 1990 à aujourd'hui	BDEE (Statistique Canada, s.d. [e])
P_{FB} : production de fonte brute	De 1990 à 2003	Statistique Canada (Cat. No. 41-001)
	De 2004 à 2012	Statistique Canada (Cat. No. 41-019)
	De 2013 à 2016	Association canadienne des producteurs d'acier (ACPA, 2019)
	De 2017 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)
CE_{met_coke} : coefficient d'émission de coke métallurgique	De 1990 à 2009	Cheminfo (2010)
	De 2010 à 2016	Constante : moyenne de 2009 (Cheminfo 2010) et moyenne nationale annuelle des données du PDGES pour les années de 2017 à 2019 (ECCC, 2025a)
	De 2017 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)
V_{GN} : volume de gaz naturel utilisé	De 1990 à 2017	Réponses volontaires à l'enquête sur les installations
	De 2018 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)
CE_{GN} : coefficient d'émission de gaz naturel	De 1990 à aujourd'hui	Annexe 6, Tableau A6.1-1 Coefficients d'émission de CO_2 pour le gaz naturel marchand
TC_{FB} : teneur en carbone de la fonte brute	De 1990 à 2012	Association canadienne des producteurs d'acier (Chan, 2009)
	De 2013 à 2016	Constante : moyenne des valeurs de l'ACPA et moyenne nationale des données du PDGES pour l'année 2017 (ECCC, 2025a)
	De 2017 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)

Le Tableau 4–18 résume les différentes sources des données sur les activités et des autres variables employées dans l'Équation 4–13.

Les coefficients d'émission pour l'utilisation de coke ($CE_{coke_mét}$) ont été tirés de l'étude menée par Cheminfo Services (2010), dans le cadre de laquelle les quatre aciéries intégrées au Canada ont été approchées pour connaître leur consommation de coke et l'estimation de leurs émissions pour les années 1990 à 2009. Quant aux coefficients d'émission pour l'utilisation de gaz naturel (CE_{GN}), ils proviennent de l'Annexe 6, Tableau A6.1–1 Coefficients d'émission pour le gaz naturel marchand.

Comme indiqué dans le Tableau 4–18, le PDGES a commencé à recueillir les données déclarées par les installations en 2017, et les moyennes nationales propres aux années de ces données sont utilisées pour calculer les émissions associées à la Fonte brute.

Les émissions de CH_4 ont été estimées en multipliant la masse de coke métallurgique (Statistique Canada, 1990-2022) et le volume de gaz naturel employé par leur coefficient d'émission respectif. La valeur du coefficient d'émission établi pour les émissions de CH_4 découlant de l'utilisation du coke dans l'industrie sidérurgique n'est pas présentée dans ce rapport afin de protéger la confidentialité des données.

Une plage de coefficients d'émission associés à la réduction du minerai de fer par le coke et de teneurs en carbone de la fonte brute figure à l'Annexe 6.

Éponge de fer (catégorie 2.C.1.c des TCD)

Au Canada, il n'y a actuellement qu'une seule installation qui produit de l'éponge de fer par le procédé de réduction directe, et les émissions connexes sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.a, pour des raisons de confidentialité et à cause de difficultés liées à la ventilation des données sur l'utilisation du gaz naturel.

Aggloméré (catégorie 2.C.1.d des TCD)

Les usines intégrées produisent de l'aggloméré, mais les émissions des gaz de four à coke et de haut fourneau sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.a, parce que ces gaz servent à divers procédés dans les installations et qu'il est impossible d'établir la proportion précise utilisée pour le frittage.

Production d'acier (catégorie 2.C.1.a des TCD)

Les émissions de CO_2 provenant de la production d'acier et de ferroalliages sont indiquées sous la catégorie 2.C.1.a des TCD, Acier, puisque la production de ferroalliages est une production directe d'aciers spécialisés à partir du minerai de fer, par le procédé de four électrique à arc.

Les émissions attribuables à la production d'acier ont été estimées à l'aide de l'Équation 4–14 :

Équation 4–14

$$E_{CO2_acier} = [TC_{fer} \times M_{fer} + TC_{mitrailles\ d'acier} - M_{mitrailles\ d'acier} - TC_{CBO} \times M_{CBO} - TC_{FEA} \times M_{FEA}] \times 44/12 + CE_{FEA} \times P_{FEA} + CE_{CBO} \times P_{CBO}$$

E_{CO2_acier}	=	émissions provenant des procédés de production d'acier, en kt
TC_i	=	teneur en carbone du i, en % où i représente la fonte brute ou les mitrailles d'acier chargées dans un four électrique à arc (FEA) ou dans un convertisseur basique à oxygène (CBO)
M_j	=	masse de j utilisée, en kt
$44/12$	=	rapport entre le poids moléculaire du CO_2 et le poids moléculaire du carbone
CE_k	=	coefficients d'émission (t de CO_2/t d'acier produit)
P_k	=	production d'acier dans un FEA ou un CBO, en kt

D'après l'Équation 4–14, une partie des émissions de CO_2 associées aux procédés de production d'acier est estimée en fonction de la différence entre la quantité de carbone dans le fer et les mitrailles d'acier servant à la fabrication de l'acier et la quantité de carbone qui se trouve dans l'acier produit dans les convertisseurs basiques à oxygène (CBO) et les fours électriques à arc (FEA). Il faut souligner que la quantité de fonte brute chargée dans les hauts fourneaux des aciéries (utilisée dans l'Équation 4–14) n'est pas égale à la production totale de fonte brute (utilisée dans l'Équation 4–13). Dans le procédé de production d'acier, des émissions sont également produites par la consommation d'électrodes dans les FEA et dans la métallurgie secondaire en poche. Ces émissions sont prises en compte dans les deux derniers termes de l'équation. Le Tableau 4–19 résume les sources des données sur les activités et des autres variables utilisées dans l'Équation 4–14.

À noter que les données du BDEE publiées pour une année particulière sont préliminaires et sujettes à révision dans les rapports ultérieurs. L'utilisation de coke de pétrole dans les électrodes FEA a également été déclarée par Statistique Canada avec toutes les autres utilisations de coke de pétrole à des fins non énergétiques. Pour éviter une double comptabilisation des données, les émissions de CO_2 attribuables à la consommation d'électrodes dans le procédé de production d'acier dans les FEA sont donc soustraites des émissions totales non attribuables au secteur de l'énergie. Il est supposé qu'aucune électrode importée n'est utilisée pour produire de l'acier dans les FEA au Canada. Si des électrodes sont importées, il faut soustraire la portion de CO_2 produite par les électrodes importées des émissions provenant de la consommation d'électrodes avant de soustraire celles-ci du total des émissions non énergétiques.

Les coefficients d'émission propres aux installations tirés du PDGES sont traités comme étant confidentiels, parce qu'ils découlent de données commerciales sensibles. Cependant, une plage de coefficients d'émission nationaux et de teneurs en carbone est présentée à l'Annexe 6.

Tableau 4–19 **Données sur les activités de production d'acier et autres variables utilisées dans l'Équation 4–14**

Variable	Années	Source
M_i : fonte brute, ferraille d'acier, et P_k : FEA et CBO (production)	De 1990 à 2003	Statistique Canada (Cat. No. 41-001)
	De 2004 à 2012	Statistique Canada (Cat. No. 41-019)
	De 2013 à 2017	Association canadienne des producteurs d'acier (ACPA, 2019)
	De 2018 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)
TC_i : fonte brute, ferraille d'acier, FEA et CBO	De 1990 à 2012	Association canadienne des producteurs d'acier (Chan K., 2009)
	De 2013 à 2016	Constante : moyenne des valeurs de l'ACPA et moyenne des données du PDGES pour l'année 2017 (ECCC, 2025a)
	De 2017 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)
CE_k : coefficient d'émissions des FEA et CBO	De 1990 à 2012	Association canadienne des producteurs d'acier (Chan K., 2009)
	De 2013 à 2016	Constante : moyenne des valeurs de l'ACPA et moyenne nationale des données du PDGES pour l'année 2017 et 2018 (ECCC, 2025a)
	De 2017 à aujourd'hui	PDGES (ECCC, 2025a)

Production de boulettes (catégorie 2.C.1.e des TCD)

Au Canada se trouvaient trois installations autonomes produisant des boulettes de minerai de fer depuis 1990, dont une ayant cessé ses activités en 2013. Les émissions de Niveau 1 ont été estimées à l'aide du coefficient par défaut du GIEC 2006 selon une analyse des données déclarées par les installations, qui a montré que ce coefficient représentait mieux les estimations d'émissions que celui de 2019, vu l'utilisation des carbonates seulement. À l'heure actuelle, les émissions imputables à la combustion dans ces installations sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.g.iii, Exploitation de mines.

Les données sur les activités dans cette catégorie ont été obtenues de sources variées, dont l'*Annuaire des minéraux du Canada* (1990 à 1999, 2008), Wood Mackenzie (de 2000 à 2016), des rapports d'entreprise annuels (de 2000 à 2013), le PDGES (de 2017 à aujourd'hui) et les statistiques annuelles sur la production minérale de Ressources naturelles Canada (de 2019 à aujourd'hui).

Utilisation de calcaire dans les hauts fourneaux sidérurgiques (catégorie 2.C.1.f des TCD)

La méthode qui a servi à estimer les émissions de CO_2 du calcaire et de la dolomite consommés comme fondants dans les hauts fourneaux sidérurgiques est décrite à la section 4.2.3.2.

Les données sur l'utilisation de coke métallurgique à l'échelle provinciale provenant du BDEE (Statistique Canada, s.d. [e]) ont servi à répartir les émissions nationales selon les provinces auxquelles elles s'appliquent.

4.4.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de Niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la Production sidérurgique en tenant compte des incertitudes associées à tous les paramètres utilisés dans l'estimation des émissions de chaque source de cette catégorie, comme les données sur l'utilisation de coke métallurgique et de gaz naturel, le coefficient d'émission, les données sur la production de fonte brute et d'acier, la teneur en carbone de la fonte brute et de l'acier, les données sur le calcaire, la production de boulettes de minerai de fer et les coefficients d'émission qui s'y rattachent. L'évaluation a aussi tenu compte de l'erreur associée au taux d'absence de réponse aux enquêtes de Statistique Canada. Les incertitudes liées aux estimations des émissions de CO_2 et de CH_4 associées à cette catégorie étaient respectivement de ± 4,87 % et ± 405 %.

4.4.1.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.4.1.5. Recalculs

Les émissions de CO_2 pour cette catégorie ont été recalculées en raison de changements dans la méthode consistant à ajouter la production de boulettes de minerai de fer ainsi que les mises à jour du BDEE. L'ampleur des recalculs variait de +0,54 Mt à +0,79 Mt d'éq. CO_2, et les recalculs ont eu un effet sur toute la série chronologique s'étendant de 1990 à 2023.

4.4.1.6. Améliorations prévues

Des travaux sont en cours pour déterminer un coefficient d'émission propre au pays en lien avec l'utilisation des carbonates dans la production de boulettes de minerai de fer et ventiler les émissions de combustion associées de la catégorie de l'Énergie 1.A.2.g.iii, Exploitation de mines vers la catégorie PIUP 2.C.1.e Production de boulettes.

4.4.2. Production de ferroalliages (catégorie 2.C.2 des TCD)

Dans une étude réalisée en 2010, Cheminfo a évalué les émissions potentielles de la production de ferroalliages au Canada et déterminé qu'il y avait cinq installations ayant produit des ferroalliages depuis 1990. Quatre étaient encore exploitées en 2024, parmi lesquelles deux produisaient du ferrosilicium (FeSi) au moyen d'un procédé classique de réduction du carbone par four électrique à arc. Les deux autres installations emploient le procédé d'aluminothermie pour réduire leurs oxydes et ne génèrent donc aucune émission de CO_2 attribuables à des procédés. La cinquième installation produisait du ferromanganèse (FeMn) et du silicomanganèse (SiMn) à partir de minerai de dioxyde de manganèse, de ferraille et de coke à l'aide d'un four électrique à arc, mais elle a fermé en mai 1991.

Les émissions de ces installations sont comprises dans la production totale par four électrique à arc sous la catégorie 2.C.1.a des TCD, Acier, parce qu'elles ne peuvent pas être séparées du reste pour des raisons de confidentialité.

4.4.3. Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 des TCD)

4.4.3.1. Description de la catégorie

La catégorie clé de la Production d'aluminium comptait pour 5 960 kt (0,9 %) des émissions du Canada en 2024, ce qui représente une baisse globale de 28 % des émissions depuis 2005.

Les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles utilisés dans la production des anodes précuites sont traitées dans le secteur de l'Énergie, catégorie 1.A.2.b des TCD. Les émissions découlant de la combustion des matières volatiles émises au cours de la cuisson et celles découlant du matériau de garniture de four à cuisson sont comptabilisées dans la catégorie de la Production d'aluminium 2.C.3 (GIEC, 2006).

Outre les émissions de CO_2, la fusion primaire de l'aluminium est une source de tétrafluorure de carbone (CF_4) et d'hexafluorure de carbone (C_2F_6), tous les deux traités dans le rapport. Le présent rapport traite également d'une petite quantité de SF_6 qui découle de son utilisation comme gaz de couverture ainsi que comme agent de dégazéification (purification) dans certaines alumineries qui produisent des alliages riches en magnésium et aluminium[14]. La consommation de SF_6 est hautement variable, selon le recours à l'une ou l'autre de ces opérations (utilisation de SF_6 comme gaz de couverture ou agent de purification), ou aux deux, dans une année donnée, ce qui entraîne d'importants changements dans la tendance du SF_6 dans cette catégorie.

Les alumineries se caractérisent par le type de technologie employée pour la fabrication d'anode. En général, les émissions des alumineries plus anciennes, qui utilisent la technologie Søderberg, sont plus élevées que celles des usines plus récentes qui utilisent surtout des anodes précuites. La dernière fonderie d'aluminium utilisant la technologie Søderberg au Canada a fermé ses portes en 2015[15], et les 10 usines actuellement en activité ont concentré leurs efforts à moderniser leurs installations et à améliorer l'efficacité de leur production. Par conséquent, la catégorie a connu une tendance à la baisse de ses émissions tout au long de la série chronologique, surtout celles de PFC. Bien que les émissions de PFC aient diminué au Canada, leur production augmente continuellement depuis 1990.

4.4.3.2. Questions de méthodologie

Depuis 2013, les alumineries canadiennes, situées au Québec et en Colombie-Britannique, déclarent leurs émissions de gaz à effet de serre selon les protocoles méthodologiques et les règles de déclaration de la Western Climate Initiative, qui se basent sur les méthodes de Niveau 2 décrites par le International Aluminium Institute (IAI, 2006) et concordent avec les méthodes présentées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. Dans le cadre d'un protocole d'entente conclu en 2006 avec l'Association de l'aluminium du Canada (AAC), Environnement Canada a reçu les mêmes ensembles de données que ceux fournis par les sociétés membres de l'AAC aux provinces. Depuis l'année de données 2018, les alumineries déclarent leurs émissions directement au PDGES d'ECCC (ECCC, 2024), qui suit une méthode de Niveau 3 publiée dans les Exigences relatives à la quantification du PDGES conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. La principale différence entre les estimations de Niveau 2 et 3 est l'utilisation de paramètres caractéristiques de l'industrie tels que définis dans IAI (2006) pour la méthode de Niveau 2 et de coefficients propres aux sites pour celle de Niveau 3.

Les estimations des émissions propres à chaque fonderie, les données sur les méthodes utilisées par les producteurs d'aluminium pour calculer les émissions de CO_2, de PFC et de SF_6 et les données sur la production propre à chaque usine pour l'ensemble de la série chronologique proviennent de l'AAC pour les années 1990 à 2017 et du PDGES d'ECCC depuis l'année 2018. Selon les documents méthodologiques fournis par l'AAC, les émissions de SF_6 sont égales à la consommation observée dans l'industrie de l'aluminium.

Selon la disponibilité des données pour chaque année de la série chronologique, les méthodes d'estimation peuvent être de niveaux 2 ou 3 et varient selon l'installation. Toutes les installations au Canada ont déclaré des émissions de CO_2 déterminées à l'aide d'une méthode de niveau 3 depuis 2017, des émissions de PFC déterminées à l'aide d'une méthode de niveau 3 depuis 2016 et des émissions de SF_6 déterminées à l'aide d'une méthode de niveau 3 pour l'ensemble de la série chronologique. Le Tableau 4–20 présente chacune des alumineries au Canada et les années auxquelles elles ont pu passer d'une estimation de niveau 2 à une estimation de niveau 3 à l'aide de paramètres qui leur sont propres. Lorsque des données propres à l'usine n'étaient pas disponibles, les entreprises ont utilisé par défaut les paramètres de l'entente-cadre du Québec ou les CE de l'International Aluminium Institute (IAI) (Alcan, 2010).

14 Chaput P. 2007. Communication personnelle (courriel de P. Chaput à A. Au, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 12 octobre 2007). Association de l'aluminium du Canada.

15 Banville J. 2020. Communication personnelle (courriel de J. Banville à A. Au, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 15 juin 2020). Environnement et Changement climatique du Canada, Direction générale de la protection de l'environnement.

Tableau 4–20 **Alumineries au Canada : niveau de la méthode et coefficients d'émission**

Aluminerie	Années en activité	CO_2		PFC		SF_6	
		Méthode/CE		Méthode/CE		Méthode	CE
		Niveau 2 / CS	Niveau 3 / PS	Niveau 2 / CS	Niveau 3 / PS	Niveau	
RIO TINTO							
Usine Isle-Maligne	1990–2000	1990–2000	-	1990–2000	-	T3	PS
Usine de Bauhamois	1990–2009	1990–2009	-	1990–2009	-	-	-
Usine Grande-Baie	1990–aujourd'hui	1990–2007	2008–aujourd'hui*	1990–1995	1996–aujourd'hui	T3	PS
Jonquière	1990–2004	1990–2004	-	1990–2004	-	-	-
Usine Arvida	1990–aujourd'hui	1990–2007	2008–aujourd'hui	1990–2006	2007–aujourd'hui	T3	PS
AP-60	2013–aujourd'hui	-	2013–aujourd'hui	2013–2015	2016–aujourd'hui	T3	PS
Usine Laterrière	1990–aujourd'hui	1990–2007	2008–aujourd'hui	1990–2013	2014–aujourd'hui	T3	PS
Usine Shawinigan	1990–2013	1990–2007	2008–2013	1990–2013	-	-	-
Usine Alma	2000–aujourd'hui	2000–2007	2008–aujourd'hui*	2000–2007	2008–aujourd'hui	T3	PS
Kitimat	1990–aujourd'hui	1990–2007	2008–aujourd'hui*	1990–2006	2007–aujourd'hui	T3	PS
ALCOA							
Usine Becancour	1990–aujourd'hui	1990–2016	2017–aujourd'hui*	1990–2004	2005–aujourd'hui	T3	PS
Usine de Baie-Comeau	1990–aujourd'hui	1990–2016	2017–aujourd'hui	1990–2003	2004–aujourd'hui	T3	PS
Deschambault	1993–aujourd'hui	1993–2016	2017–aujourd'hui*	1990–2004	2005–aujourd'hui	T3	PS
ALOUETTE							
Sept-Iles	1992–aujourd'hui	1992–1994	1995–aujourd'hui*	1990–2004	2005–aujourd'hui	T3	PS

Notes :
* La méthode fait appel à des variables propres à l'installation, à l'exception de la teneur en hydrogène de la poix de la cuisson des anodes et des cathodes, qui proviennent de l'IAI (2006).
CS = propre au pays (Country Specific)
PS = propre à l'usine (Plant Specific)
"-" = sans objet

4.4.3.3. Évaluations du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la Production d'aluminium (pour les estimations des émissions de CO_2, de PFC et de SF_6) en tenant compte des incertitudes associées à tous les paramètres utilisés pour calculer les émissions. L'*Aluminum Sector Greenhouse Gases Protocol* (IAI, 2006) a été la principale source de valeurs d'incertitude liées aux paramètres. Les valeurs d'incertitude associées aux estimations des émissions de CO_2, de PFC et de SF_6 sont de ±7 %, ±9 % et ±5 %, respectivement. Pour les estimations de CO_2 et de PFC, il convient de noter que l'évaluation de l'incertitude n'est effectuée que pour une année de la série chronologique (2006 pour le CO_2 et 2007 pour les PFC). Il est supposé que les incertitudes liées aux estimations des récentes années devraient être similaires, tandis que celles des estimations des rapports qui remontent à plus longue date devraient être plus élevées. Pour l'estimation des émissions de SF_6, il est supposé que le degré d'incertitude est équivalent à la valeur par défaut énoncée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour les méthodes de niveau 2 de la catégorie Moulage du magnésium, puisque la méthode utilisée pour obtenir les estimations des émissions de SF_6 est la même pour la Production d'aluminium et le Moulage du magnésium.

Pour faire en sorte que la série chronologique soit cohérente, des techniques de raccordement seront étudiées pour comparer les méthodes de Niveau 2 et 3 pour les années où les données existent. Les résultats seront communiqués dans la prochaine publication.

4.4.3.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.4.3.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.4.3.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.4.4. Production de magnésium (catégorie 2.C.4 des TCD)

4.4.4.1. Description de la catégorie

De 1990 à 2008, le Canada comptait quatre installations de production du magnésium en activité : Norsk Hydro jusqu'en 2007, Timminco Metals jusqu'en 2008, Métallurgie Magnola entre 2000 et 2003 et MagCan de 1990 à 1991. Des examens internes ont lieu régulièrement pour que les nouvelles installations soient comprises dans les estimations d'émissions. La production de magnésium a cessé après 2008 au Canada.

La production primaire de magnésium se fait généralement par un processus de réduction électrolytique ou thermique des sources minérales. Des émissions de CO_2 se produisent durant la calcination des matières premières à base de carbonate, avant le principal processus de réduction électrolytique ou thermique. Parmi les quatre installations, deux se servaient de magnésite comme matière première, une, de la dolomite et la dernière, de l'amiante. Puisque l'amiante ne constitue pas une matière première contenant du carbonate, les émissions de CO_2 n'ont été estimées que pour les installations se servant de magnésite et de dolomite.

De plus, le SF_6 est émis durant les processus primaires et secondaires de production du magnésium (p. ex. moulage), où il sert de gaz de couverture pour prévenir l'oxydation des métaux fondus. La production de magnésium (SF_6) constitue une catégorie clé. Pour la production de magnésium, les fluctuations des émissions de SF_6 seraient attribuables à l'utilisation de substituts du SF_6 et à des variations dans la production.

Il y avait 11 entreprises de moulage de magnésium en exploitation de 1990 à 2004 (Cheminfo Services, 2005b). Seules quelques-unes ont utilisé du SF_6 chaque année durant cette période. Certaines fonderies se sont mises à utiliser du SF_6 vers le milieu ou la fin des années 1990, alors que d'autres l'ont remplacé, notamment par le dioxyde de soufre (SO_2). De 2005 à 2008, seules sept entreprises étaient en activité et avaient utilisé le SF_6. Deux entreprises ont cessé leurs activités de moulage du magnésium en 2009 et une autre a déménagé aux États-Unis.Les cinq entreprises de moulage de magnésium toujours en exploitation représentaient 297 kt d'éq. CO_2 en 2024 (< 0,1 % des émissions du Canada).

4.4.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CO_2 provenant des installations de production de magnésium sont calculées à l'aide des coefficients d'émission par défaut de Niveau 1 du GIEC pour la magnésite (2,83 t CO_2/t de production primaire de Mg) et la dolomite (5,13 t CO_2/t de production primaire de Mg), en fonction du type de matière première à base de carbonate utilisée; les coefficients sont appliqués aux valeurs de production propres aux installations.

En l'absence de données sur la production par installation, les valeurs ont été estimées en fonction de la production primaire de magnésium nationale totale provenant de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCan, 1990-2006) et de la capacité de production par installation publiée par le United States Geological Survey (Kramer, 2001). Pour les années où les données sur la capacité de production n'existaient pas, une interpolation linéaire a été effectuée ou elles ont été supposées constantes selon la situation.

La technique employée pour estimer les émissions de SF_6 découlant de la production et du moulage du magnésium est considérée comme une méthode de Niveau 2, car elle est fondée sur la déclaration des données d'émission par les installations, les données de consommation ou les deux. La méthode pour estimer les émissions de SF_6 découlant des entreprises de production et de moulage suppose que tout le SF_6 ayant servi de gaz de couverture est émis dans l'atmosphère. En 2006, Norsk Hydro et Timminco ont été sondées sur leur méthode d'estimation des émissions de SF_6. Les deux entreprises ont déclaré avoir estimé les émissions en formulant l'hypothèse que les émissions de SF_6 sont équivalentes à la consommation de SF_6.

Les compagnies ont estimé la consommation de SF_6 par des méthodes variées, la plus commune étant la comptabilisation, qui consiste à comptabiliser les achats livrés et les changements dans l'inventaire du SF_6 utilisé. Les achats doivent correspondre aux volumes réels reçus pendant la période de l'année civile en question. Par conséquent, les inventaires de début et de fin d'année sont pris en considération. Parmi les autres méthodes, notons le calcul au prorata d'après la production, la pondération dans l'inventaire, les différences dans l'inventaire, ainsi que le calcul de la consommation annuelle fondée sur le nombre de bouteilles de SF_6 consommées pendant une période dans l'année. Norsk Hydro a utilisé la méthode de différence de poids[16], par laquelle le poids des bouteilles de gaz utilisées à l'usine est mesuré aux dates d'achat et de retour aux fournisseurs après l'utilisation. Timminco a déclaré avoir utilisé la méthode de comptabilisation pour estimer son utilisation de SF_6[17].

Dans le cas des années où les données d'utilisation du SF_6 propres aux installations n'existaient pas, les valeurs antérieures à 2009 ont été interpolées linéairement et celles de 2010 et des années suivantes, approximées à l'aide des données économiques de la production provinciale brute comme variable de substitution. De plus, à plusieurs occasions, la quantité de magnésium moulé était connue au lieu des données d'utilisation du SF_6. Dans ces cas, le coefficient d'émission de Niveau 1 par défaut de 0,001 tonne SF_6/tonne de composant de magnésium produit a servi à quantifier la valeur de SF_6 utilisé. Le Tableau 4–21 résumé les sources de données ayant servi à obtenir les quantités de SF_6 utilisé comme quantités de gaz de couverture.

16 Laperrière J. 2006. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 4 octobre 2006). Norsk Hydro.

17 Katan R. 2006. Communication personnelle (courriels de R. Katan à A. Au, Environnement et Changement climatique Canada, datés du 16 au 22 mars 2006). Timminco.

Tableau 4–21 **Sources de données sur l'utilisation du SF_6 comme gaz de couverture en Production et moulage de magnésium**

Année	Production de magnésium	Moulage de magnésium
De 1990 à 1998	Collecte volontaire de données	Cheminfo Services (2002)
		Cheminfo Services (2005b)
		Collecte volontaire de données
		Interpolation linéaire
De 1999 à 2004	INRP	Cheminfo Services (2002)
		Cheminfo Services (2005b)
		Collecte volontaire de données
De 2005 à 2007	INRP	Collecte volontaire de données
2008	Hypothèses fondées sur les activités connues des installations[a]	Collecte volontaire de données
		Interpolation linéaire
		Hypothèses fondées sur les activités connues des installations[a]
2009	Aucune production	Collecte volontaire de données
		Hypothèses fondées sur les activités connues des installations[a]
		Interpolations fondées sur les données de production brute[b]
De 2010 à 2016	Aucune production	Collecte volontaire de données
		Interpolations fondées sur les données de production brute[b]
De 2017 à aujourd'hui	Aucune production	Collecte volontaire de données
		PDGES[c]
		Interpolations fondées sur les données de production brute[b]

Notes :

a. Dans les cas où les données d'utilisation du SF_6 déclarées par les installations ne sont pas accessibles, des estimations raisonnables sont établies à l'aide des conditions connues des installations. Par exemple, pour les installations ayant cessé leurs activités au cours d'une année donnée, la consommation de SF_6 est généralement estimée proportionnellement au nombre de mois d'activité et aux tendances de consommation antérieures de l'année précédente.

b. À partir de 2009, les données économiques de production brute propres à chaque province pour la catégorie SCIAN 331520 (Fonderies de métaux non ferreux) ont été employées comme variable de substitution pour estimer les valeurs d'utilisation du SF_6 propres à chaque installation lorsque les valeurs déclarées n'étaient pas accessibles.

c. Les installations ayant déclaré leurs données au PDGES ont confirmé que les valeurs d'émission de SF_6 déclarées concernaient uniquement les émissions liées à l'utilisation du SF_6 comme gaz de couverture. Il est supposé que cette situation reste inchangée pour les années suivantes.

4.4.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude de Niveau 1 a été évaluée pour les émissions de CO_2 découlant de la Production de magnésium. Elle tient compte de l'incertitude associée à la capacité de production de l'usine, de la production primaire de magnésium totale, des valeurs interpolées et des coefficients d'émission de Niveau 1 par défaut du GIEC. L'incertitude des émissions de CO_2 variait de 5,50 % à 42,43 % de 1990 à 2008.

La méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée dans la série chronologique de 1990 à 2008 pour quantifier les émissions de CO_2 découlant de la Production de magnésium.

Une évaluation combinée de l'incertitude de Niveau 1 des émissions de SF_6 a été réalisée pour la Production de magnésium et le Moulage du magnésium en tenant compte de l'incertitude associée aux données sur le SF_6 déclarées par chaque installation. Le degré d'incertitude pour cette catégorie a varié de ±2,6 % à ±20,7 % de 1990 à 2024.

La méthodologie, qui établit une équivalence entre la consommation de SF_6 comme gaz de couverture et les émissions de SF_6, est appliquée à toute la série chronologique moyennant certaines hypothèses pour certaines années, tel qu'expliquée dans la section 4.4.4.2.

4.4.4.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie. De plus, cette catégorie a fait l'objet de vérifications pour faire en sorte que le SF_6 déclaré par les installations de moulage du magnésium au PDGES n'est imputable qu'à son utilisation comme gaz de couverture.

4.4.4.5. Recalculs

Les estimations des émissions pour 2010 à 2023 ont été recalculées pour le Moulage du magnésium en raison de la mise à jour : a) des données sur la production brute provinciale pour 2010 à 2023; b) des données déclarées par les installations pour 2017 à 2023. Les changements se situaient entre -0,002 et +260 kt d'éq. CO_2.

4.4.4.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.4.5. Production de plomb et de zinc (catégories 2.C.5 et 2.C.6 des TCD)

4.4.5.1. Description de la catégorie

Pendant la série chronologique, il y avait deux installations de production primaire de plomb au Canada qui utilisaient un procédé de fusion directe, mais une installation a cessé définitivement ses activités en 2018. Il y avait également neuf installations de production secondaire traitant du plomb recyclé pour le réutiliser, et quatre de ces installations ont mis fin à leurs activités depuis.

Quatre installations ont produit du zinc pendant la série chronologique. Deux d'entre elles ont cessé leurs activités en 2010 et en 2020. L'une des deux installations restantes emploie un procédé pyrométallurgique, et l'autre, un procédé hydrométallurgique. Les deux installations productrices de zinc qui ont cessé leurs activités utilisaient un procédé hydrométallurgique.

Fondée sur les données de production à l'échelle nationale, une estimation des émissions selon une méthode de Niveau 1 a été réalisée pour la production de plomb et de zinc. Cependant, après un examen approfondi, l'utilisation de réducteurs est responsable de la majorité de ces émissions. Les données sur l'utilisation de combustible et de réducteurs sont déclarées au BDEE et, comme elles sont agrégées, il n'est pas possible pour le moment d'attribuer la fraction appropriée des émissions à la catégorie 2.C.5 des TCD pour la Production de plomb et à la catégorie 2.C.6 des TCD pour la Production de zinc. Par conséquent, les émissions sont actuellement prises en compte dans la catégorie 2.D.3 des TCD, Autres (Autres et indifférenciés), et la catégorie 1.A.2.b, Métaux non ferreux. Des travaux sont en cours pour trouver une méthode permettant de désagréger la quantité de réducteurs utilisée pendant toute la série chronologique.

4.4.6. Production de terres rares (catégorie 2.C.7.a des TCD)

4.4.6.1. Description de la catégorie

Les « terres rares » désignent le groupe de ces 17 éléments métalliques chimiquement semblables : le scandium, l'yttrium et les lanthanides, soit le lanthane, le cérium, le praséodyme, le néodyme, le prométhium, le samarium, l'europium, le gadolinium, le terbium, le dysprosium, l'holmium, l'erbium, le thulium, l'ytterbium et le lutécium (IPCC, 2019).

La production primaire de nombreux métaux et alliages de terres rares se fait par la dissolution et la réduction électrolytique d'oxydes de terres rares à l'aide d'anodes en carbone consommables (c.-à-d. en graphite) dans un sel fondu de terre rare et de fluorures de lithium. La consommation des anodes en carbone entraîne des émissions de CO_2 attribuables au procédé. De plus, la réaction entre l'anode en carbone et le fluorure dans le sel fondu forme des PFC durant une condition perturbante du procédé nommée l'« effet d'anode ». Cet effet survient lorsque la concentration d'oxydes de terres rares dans la solution fondue est trop faible pour entraîner la réaction de production prévue (GIEC, 2019).

Le Saskatchewan Research Council, une société d'État provinciale, a commencé à implanter et à exploiter la première installation de traitement des terres rares à Saskatoon en Saskatchewan, où elle fabrique des alliages néodyme-praséodyme (Saskatchewan Research Council, 2023a, 2023b, 2024; Boulton, 2024). Ces alliages contiennent également de petites quantités d'autres terres rares : lanthane, cérium et samarium (Saskatchewan Research Council, 2024). Elle a produit 100 kg de métal durant un passage expérimental en 2022 et en a commencé la production commerciale en 2024 (Saskatchewan Research Council, 2023a, 2023b; Boulton, 2024). En 2024, la production de métal y était estimée à 124 t et les émissions à 0,1 kt d'éq. CO_2.

4.4.6.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CO_2 sont estimées par la multiplication des valeurs de production avec un coefficient d'émission par défaut du GIEC et un facteur de correction des émissions pour tenir compte du poids atomique de l'alliage produit (GIEC, 2019). Les émissions de PFC sont estimées par la multiplication des valeurs de production avec des coefficients d'émission par défaut (GIEC, 2019). Les coefficients d'émission et le facteur de correction des émissions employés se trouvent au Tableau A6.2–10.

Les données de production et le poids atomique des alliages produits ont été obtenus à partir d'articles en ligne et d'une brochure sur l'installation (Saskatchewan Research Council, 2023a, 2023b, 2024; Boulton, 2024; Hermandez-Roy et Ziemer, 2025). Puisque les données de production de 2024 n'existaient que pour certains mois, la production pour une année civile entière a été estimée par interpolation linéaire.

4.4.6.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une méthode de Niveau 1 a servi à estimer l'incertitude. Le calcul comprend l'incertitude par défaut sur les données sur les activités et la moyenne des incertitudes des niveaux inférieur et supérieur pour les coefficients d'émission par défaut (GIEC, 2019). Il a été supposé que l'incertitude sur le coefficient d'émission du CO_2 englobât l'incertitude liée au facteur de correction des émissions de CO_2. De plus, le calcul comprenait l'incertitude sur les données de production interpolées. L'incertitude sur les émissions de CO_2 variait de ± 25 à 35 % et l'incertitude des plages d'émissions de PFC, de ± 40 à 45 %.

Les mêmes coefficients d'émission et facteurs de correction des émissions ont été employés tout au long de la série chronologique.

4.4.6.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.4.6.5. Recalculs

Puisque cette catégorie est analysée pour la première fois dans le RIN, aucun recalcul n'y a été effectué dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.4.6.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

4.5. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants et utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (catégorie 2.D des TCD)

4.5.1. Description de la catégorie

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégories 2.D.1 et 2.D.3 des TCD)

La catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants comprend les émissions découlant de l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques qui ne sont pas prises en compte dans aucune autre catégorie du secteur des Procédés industriels et utilisations des produits (PIUP). Comme exemple de combustibles utilisés à des fins non énergétiques, il y a l'utilisation de liquides de gaz naturel (LGN) et de produits de raffinerie comme matières premières dans l'industrie des produits chimiques ainsi que l'utilisation de lubrifiants comme l'huile pour moteurs et la graisse dans les transports et des applications industrielles. Le terme « utilisation » se définit comme une consommation de combustible « proche de la production », par exemple la combustion d'huile pour moteurs dans la chambre de combustion du moteur (cela exclut l'incinération des huiles usées, qui est incluse dans le secteur des Déchets). Tous ces procédés entraînent un niveau variable d'oxydation du combustible, ce qui génère des émissions de CO_2. Cette catégorie comprend également les émissions attribuables à l'utilisation d'hydrocarbures (p. ex. le charbon) comme agents réducteurs dans la fusion des métaux communs, ainsi que de solvants à base de pétrole, de produits nettoyants et de diluants à peinture.

L'utilisation des combustibles fossiles comme matières premières ou à des fins non énergétiques est déclarée de manière regroupée par Statistique Canada à la rubrique « utilisations non énergétiques » pour chaque combustible en particulier. De plus, pour éviter une double comptabilisation, lorsque les émissions de CO_2 qui résultent de l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques sont attribuées à une autre catégorie du secteur des PIUP (comme c'est le cas de la Production d'ammoniac, de la Production pétrochimique, de la Production sidérurgique et de la Production d'aluminium), ces émissions sont alors soustraites du total des émissions de cette catégorie.

La catégorie clé des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants représentait 12 315 kt (1,8 %) des émissions totales du Canada en 2024, une hausse de 24 % depuis 2005.

Émissions de CO_2 imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) (catégorie 2.D.3 des TCD)

Le système de réduction catalytique sélectif (RCS) est une technologie de réduction des émissions qui peut utiliser l'urée comme agent réducteur liquide pour contribuer à la réduction des émissions de NO_x dans le gaz d'échappement des véhicules. Les émissions de CO_2 découlant de l'utilisation d'additifs à base d'urée dans les convertisseurs catalytiques ne sont pas considérées comme des émissions provenant de combustibles. Il est supposé que les fabricants aient commencé à introduire la technologie RCS dans leurs véhicules à partir de 2009. Les émissions découlant de l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de RCS sont estimées à 43 kt d'éq. CO_2 en 2024.

4.5.2. Questions de méthodologie

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégories 2.D.1 et 2.D.3 des TCD)

Les coefficients d'émission découlant de l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques ont été calculés d'après les taux d'émission potentiels totaux de CO_2 et le pourcentage de carbone stocké dans les produits. Les coefficients d'émission potentiels totaux de CO_2 ont été calculés à partir des coefficients d'émission de carbone dans les études de Jaques (1992), de McCann (2000) et du CIEEDAC (2006), qui sont des coefficients d'émission fondés sur les unités naturelles de combustible; le GIEC fournit des coefficients d'émission fondés sur des unités d'énergie. La fraction ou le pourcentage de carbone stocké utilisés sont les valeurs par défaut du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997; GIEC, 2006), qui sont employées pour déterminer le facteur d'« oxydation pendant l'utilisation » (OPU) (1 moins le pourcentage de carbone stocké).

Les types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques qui sont pris en compte dans le modèle d'estimation de la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants sont présentés dans le Tableau 4–22.

Les données sur les quantités de combustibles utilisés à des fins non énergétiques sont présentées dans le BDEE (Statistique Canada, s.d. [e]). À noter que les données du BDEE pour une année donnée sont préliminaires et sujettes à révision dans les publications ultérieures. Pour estimer les émissions de CO_2 de cette catégorie, ces données ont été multipliées par les coefficients d'émission présentés à l'Annexe 6. Par exemple, pour estimer les émissions provenant de l'utilisation non énergétique ou de l'oxydation des produits pétroliers, comme le pétrole utilisé pour d'autres produits, les données du BDEE ont été multipliées par le coefficient d'émission potentiel de CO_2 et par le facteur OPU (qui est de 1 moins le pourcentage de carbone stocké). Pour le pourcentage de carbone stocké dans le pétrole utilisé en tant qu'autres produits, dont les cires, la paraffine et les produits non finis, il a été déterminé qu'il était équivalent au coefficient par défaut des Lignes directrices 1996 révisées du GIEC et non pas à celui pour la paraffine indiquée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC, parce qu'il n'est pas possible de ventiler l'utilisation de la paraffine en raison de la façon dont les données sur les activités sont obtenues. Cette technique est conforme à la méthode décrite dans les Lignes directrices 2006 du GIEC et constitue une méthode de Niveau 1, car elle repose sur l'utilisation des données sur la consommation nationale et sur les coefficients d'émission nationaux moyens.

Les émissions imputables aux graisses et huiles lubrifiantes sont déclarées dans la catégorie 2.D.1 des TCD, Utilisation de lubrifiant, alors que toutes les autres émissions dans cette catégorie sont déclarées dans la catégorie 2.D.3.d des TCD, Autres (Autres et indifférenciés), car les données à leur sujet n'existent que sous forme consolidée. Les émissions de CH_4 et de N_2O ne sont pas estimées, car les Lignes directrices 2006 du GIEC ne fournissent aucune orientation méthodologique. D'autres renseignements sur la méthode employée pour calculer les émissions découlant de cette catégorie se trouvent à l'Annexe 3.3.

Tableau 4–22 **Types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques dans l'inventaire canadien des GES**

Combustibles gazeux	Combustibles solides	Combustibles liquides
Gaz naturel	Charbon bitumineux canadien	Propane
	Charbon subbitumineux	Butane
	Charbon bitumineux étranger	Éthane
	Lignite	Matières premières pétrochimiques
	Anthracite	Naphtes
	Coke métallurgique	Graisses et huiles lubrifiantes
	Coke de pétrole	Pétrole utilisé pour d'autres produits[a]

Note :
a. Notamment cires, paraffine et produits non finis (articles ne pouvant être considérés comme des produits finis).

Émissions de CO_2 imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) (catégorie 2.D.3 des TCD)

Les Lignes directrices 2006 du GIEC recommandent d'employer l'Équation 3.2.2 (Volume 2) pour estimer les émissions imputables à l'utilisation d'additifs à base d'urée dans les convertisseurs catalytiques (GIEC, 2006).

Pour estimer les émissions de cette source, les données sur les activités de transport routier ont été prises en considération. Plus précisément, le nombre de véhicules en circulation, les rapports de consommation de carburant et les taux d'accumulation de kilométrage ont été utilisés pour déterminer la quantité de diesel consommée par ces véhicules et, par conséquent, le volume d'additifs du fluide d'échappement diesel (FED) à base d'urée consommé par les catalyseurs de RCS de ces véhicules. Pour en savoir plus sur les sources de ces renseignements, voir l'A3.1.4.2.

Afin de déterminer quelle portion du parc est équipée de cette technologie (taux de pénétration de la technologie), les données réglementaires et de certification des véhicules pour cibler les véhicules équipés de systèmes de RCS ont été utilisées. Les données du Recensement des véhicules en exploitation au Canada et de la base de données de R.L. Polk & Co. pour les véhicules légers et les véhicules lourds, respectivement, ont été consultées pour calculer les taux annuels de pénétration de la technologie.

Un taux de dosage représentant 2 % de la consommation de diesel est utilisé, car il s'agit de la valeur médiane de la fourchette proposée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). De plus, le taux de pureté par défaut du FED de 32,5 % (GIEC, 2006) a été corroboré dans les installations nationales d'essais sur les émissions des véhicules d'Environnement Canada, où les concentrations ont été mesurées à l'aide d'un réfractomètre dans le cadre d'un programme d'essai[18].

Les données ventilées sur l'utilisation de la technologie RCS à base d'urée dans l'équipement hors route n'existent pas à l'heure actuelle. Les émissions issues de ces sources sont incluses dans l'estimation du CO_2 pour les Autres utilisations de l'urée décrite à la section 4.3.5.2.

4.5.3. Évaluations du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégories 2.D.1 et 2.D.3 des TCD)

Une évaluation de Niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants est effectuée. Celle-ci prend en compte les incertitudes associées aux données sur les activités et aux coefficients d'émission (ICF Consulting, 2004). L'incertitude pour cette catégorie a été estimée à ±20 %. Il convient de noter que l'évaluation de l'incertitude ne portait que sur une année de la série chronologique (2007).

Émissions de CO_2 imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) (catégorie 2.D.3 des TCD)

Une évaluation de l'incertitude de Niveau 1 a été réalisée pour la catégorie des émissions de CO_2 imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS). Elle prenait en compte l'incertitude des données de consommation de carburant diesel, le taux de dosage du FED et la pureté du FED. L'incertitude générale était de ±50 %.

Dans les deux catégories, une méthode et des sources de données cohérentes ont été utilisées sur toute la série chronologique, faisant en sorte que celle-ci soit cohérente.

4.5.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées dans les catégories des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants et de l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS).

4.5.5. Recalculs

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégories 2.D.1 et 2.D.3 des TCD)

Les émissions de CO_2 ont été recalculées pour toute la série chronologique en raison de mises à jour apportées aux données du BDEE, à l'utilisation de graisses et d'huiles lubrifiantes dans les moteurs hors route à deux temps et au coefficient d'émission servant au coke de pétrole. L'incidence globale de toutes les révisions varie d'un maximum de +440 kt en 2023 à un minimum de -527 kt en 2001.

18 Rideout G. 2014. Communication personnelle (courriel de G. Rideout à S. McKibbon, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 4 novembre 2014). Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Émissions de CO_2 provenant de l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (catégorie 2.D.3 des TCD)

Les émissions de CO_2 ont été recalculées à la baisse de 2009 à 2023 à l'aide des données révisées sur la consommation de carburant diesel. Le recalcul le plus important était de -3 kt d'éq. CO_2 pour 2011.

4.5.6. Améliorations prévues

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (catégories 2.D.1 et 2.D.3 des TCD)

Les coefficients d'émission pour le gaz naturel et divers produits pétroliers non énergétiques ont été élaborés à partir d'études menées en 1992 et 2005, respectivement. Les constats d'un examen national réalisé en 2023 indiquaient que l'amélioration la plus nécessaire était de mieux comprendre l'ampleur des émissions, le cas échéant, des combustibles non énergétiques pris en compte par Statistique Canada, en particulier ceux qui sont actuellement responsables de la majorité des émissions de cette catégorie. Il est prévu d'évaluer la nature émissive des combustibles ayant le plus grand effet (p. ex. pétrole utilisé pour d'autres produits) et de mettre à jour le facteur OPU au besoin. En outre, à mesure que devient disponible l'information à l'appui (information qui permettrait de dissocier les données sur les combustibles et de les allouer à la catégorie de source pertinente) pour d'autres catégories (plus précises; par exemple la production sidérurgique, de Pb et de Zn), les émissions de la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants seront révisées pour éviter une double comptabilisation des émissions et améliorer la transparence de l'inventaire.

Émissions de CO_2 provenant de l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (catégorie 2.D.3 des TCD)

Tel que noté à la section 4.5.2, la catégorie de l'Utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective ne comprend que les émissions de CO_2 découlant de l'utilisation de la technologie RCS à base d'urée dans les véhicules routiers. Durant son examen national de 2025, l'EEET a recommandé que le Canada inclue également les émissions de CO_2 issues de l'utilisation de la technologie RCS à base d'urée dans l'équipement hors route dans cette catégorie. À l'heure actuelle, les données ventilées sur ces sources n'existent pas et toutes les émissions de CO_2 font partie de la catégorie 2.B.10.b des TCD, Autres (Autres utilisations de l'urée – estimations de CO_2). Des travaux sont en cours pour obtenir des données réglementaires sur l'utilisation de la technologie RCS à base d'urée dans l'équipement hors route.

4.6. Industrie électronique (catégorie 2.E des TCD)

4.6.1. Description de la catégorie

Les procédés industriels liés à l'industrie électronique au Canada utilisent des perfluorocarbures (PFC), de l'hexafluorure de soufre (SF_6) et du trifluorure d'azote (NF_3) dans la fabrication de semi-conducteurs et les essais en matière de contrôle de la qualité. Cette catégorie ne comprend pas les émissions de SF_6 utilisé dans le matériel électrique ni les émissions de PFC utilisés comme isolants électriques ou agents réfrigérants diélectriques, car elles sont répertoriées dans le sous-secteur de la Fabrication et utilisation d'autres produits (sous-secteur 2.G des TCD).

Il est estimé que les émissions de l'industrie électronique au Canada s'élevaient à environ 39 kt d'éq. CO_2 en 2024, une augmentation de 374 % depuis 2005. Cette augmentation est attribuable à un grand accroissement de la proportion des ventes de SF_6 destinées à des applications de fabrication de semi-conducteurs et à une hausse de la quantité de PFC et de NF_3 vendus à cette fin.

4.6.2. Questions de méthodologie

Émissions de PFC attribuables à la fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 des TCD)

Les données sur les activités impliquant l'utilisation de PFC dans l'industrie des semi-conducteurs ont été recueillies de la même manière que pour les PFC utilisés dans la catégorie des Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (catégorie 2.F des TCD; voir la section 4.7.2). De plus, certains utilisateurs de PFC pour la fabrication de semi-conducteurs figurant dans des enquêtes sur les distributeurs de gaz des années 2014 à 2020 ont participé de façon indépendante à une autre enquête et fourni les quantités utilisées annuellement pour les procédés. Les quantités utilisées en 2020 ont été maintenues constantes pour 2021 et les années suivantes, faute de collecte de données à jour. Les PFC font l'objet de deux grandes utilisations dans l'industrie de fabrication des semi-conducteurs au Canada : la gravure au plasma des plaquettes de silicium et le nettoyage des chambres de dépôts chimiques en phase vapeur.

Pendant la série chronologique, trois PFC ont été utilisés pour la fabrication de semi-conducteurs : le perfluorométhane (CF_4), le perfluoroéthane (C_2F_6) et le perfluorocyclobutane (c-C_4F_8). L'utilisation de C_2F_6 dans les procédés de fabrication de semi-conducteurs produit des émissions de C_2F_6 ainsi que des émissions de CF_4, un sous-produit. L'utilisation de c-C_4F_8 dans les procédés de fabrication de semi-conducteurs produit des émissions de c-C_4F_8 ainsi que du CF_4 et du C_2F_6, également des sous-produits.

C'est la méthode de niveau 2 du GIEC, illustrée à l'Équation 4–15, qui a servi à estimer les émissions de PFC imputables à l'industrie de fabrication des semi-conducteurs.

Équation 4–15

$$E_{SC.PFC} = E_{FC} + E_{CF_4} + E_{C_2F_6}$$

$E_{SC,PFC}$ = émissions totales de PFC imputables à l'utilisation de PFC dans la fabrication des semi-conducteurs
E_{FC} = émissions résultant de l'utilisation des PFC (voir GIEC 2006, Volume 3, Équation 6.2)
E_{CF_4} = émissions de CF_4 comme sous-produit durant l'utilisation des PFC (voir GIEC 2006, Volume 3, Équation 6.3)
$E_{C_2F_6}$ = émissions de C_2F_6 comme sous-produit pendant l'utilisation des PFC (voir GIEC 2006, Volume 3, Équation 6.4)

Les coefficients d'émission propres au procédé, déterminés par la méthode de niveau 2b, ont été utilisés lorsque les données sur l'emploi en procédé ont été rendues disponibles par les installations de fabrication de semi-conducteurs ou les distributeurs de gaz. Lorsque l'emploi en procédé n'était pas connu, des facteurs d'émission déterminés par la méthode de niveau 2a ont été utilisés. Les coefficients d'émission par défaut de la méthode de Niveau 2a et de Niveau 2b utilisés dans les équations 6.2, 6.3 et 6.4 des Lignes directrices 2006 du GIEC sont présentés dans le Tableau 6.3 de ce même document. Le sous-ensemble des coefficients d'émission utilisé pour estimer les émissions canadiennes est présenté au Tableau A6.2–12.

Il est présumé que la valeur du résidu (h) équivalait à 0,1, ce qui correspond à la quantité présumée rester dans les bonbonnes de gaz achetées après utilisation dans la fabrication de semi-conducteurs, comme le suggèrent les Lignes directrices 2006 du GIEC. La valeur du résidu n'a pas été appliquée lorsque les utilisateurs de semi-conducteurs ont fourni les données sur les PFC utilisés dans les procédés, fondées sur le poids des bonbonnes avant et après l'utilisation. Étant donné qu'il n'existe aucune donnée sur les dispositifs antipollution de ces procédés au Canada pour les années 1990 à 2013, il est supposé qu'aucun dispositif antipollution n'avait été utilisé. Deux installations ont fourni les valeurs annuelles propres aux gaz et aux procédés pour la fraction du volume de gaz introduit dans les types de procédés faisant appel à une technologie antipollution et la fraction du volume de gaz détruit par la technologie antipollution (a_i et d_i, respectivement, dans les Lignes directrices du GIEC) pour les années de données 2014 à 2020. Ces fractions ont servi à estimer les émissions de ces installations pour ces années de données. Pour tous les autres utilisateurs des années 2014 à 2020, puisqu'il n'y avait aucune donnée sur les technologies antipollution, il est présumé qu'aucune n'a été employée. Comme les données sur les activités de 2021 et des années suivantes ont été maintenues au niveau de celles de 2020, les taux de recours à un dispositif antipollution et les efficacités de destruction ont été maintenus au niveau de 2020 pour 2021 et les années suivantes, ce qui a entraîné une tendance constante des émissions.

Émissions de NF_3 attribuables à la fabrication des semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 des TCD)

L'utilisation de NF_3 dans la fabrication des semi-conducteurs peut générer des émissions de NF_3 et de CF_4, un sous-produit (Équation 4–16) (GIEC, 2006). Une combinaison des méthodes de niveaux 2a et 2b des Lignes directrices 2006 du GIEC a servi à estimer les émissions de NF_3 issues de la fabrication des semi-conducteurs. La méthode de Niveau 2a employant le coefficient par défaut a servi pour les données sur les activités en provenance du fournisseur, alors que la méthode de Niveau 2b employant le coefficient par défaut propre au procédé a servi pour les données sur les activités en provenance des installations. Pour les années où les données des fournisseurs et des installations ont été utilisées, les deux sources ont fait l'objet d'une comparaison et d'un rapprochement pour éviter la double comptabilisation. Les lacunes dans les données ont été comblées par interpolation ou selon l'hypothèse que les données étaient constantes. Le Tableau 4–23 résume les sources de données ayant servi à estimer les émissions.

Équation 4–16

$$E_{SC.NF_3} = E_{NF_3} + E_{CF_4}$$

E_{SC,NF_3} = émissions totales provenant de l'utilisation de NF_3 dans la fabrication de semi-conducteurs
E_{NF_3} = émissions de NF_3 découlant de l'utilisation de NF_3 (voir GIEC 2006, Volume 3, Équation 6.2)
E_{CF_4} = émissions de CF_4 comme sous-produit pendant l'utilisation de NF_3 (voir GIEC 2006, Volume 3, Équation 6.3)

Tableau 4–23 **Sources de données ayant servi à calculer les émissions de NF_3 attribuables à la fabrication des semi-conducteurs**

Variable	Année	Description de la source de données
Quantité de NF_3 employée	De 1990 à 2009	Les données sur les activités n'ont pas été employées pour estimer les émissions. C'est la valeur médiane de l'intervalle des ventes des fournisseurs, collectée en 1986 pour la Liste intérieure (EC, 1986) qui a servi à estimer les émissions de Niveau 2a pour cette même année. Les émissions de 1990 à 2009 ont été interpolées entre l'estimation de 1986 (Niveau 2a) et celle de 2010 (combinaison des Niveaux 2a et 2b) pour éviter une discontinuité due à l'utilisation d'ensembles différents de coefficients d'émission. L'utilisation de NF_3 déclarée dans les TCD est interpolée entre 1986 et 2010.
	De 2010 à 2013	Les données de ventes des fournisseurs de gaz et les données des installations de semi-conducteurs de 2013 ont été maintenues constantes jusqu'en 2010 (Cheminfo, 2013).
	De 2014 à 2020	Données annuelles des installations fabriquant des semi-conducteurs.
	De 2021 à aujourd'hui	Aucune donnée n'a été collectée. Les valeurs ont été maintenues constantes aux niveaux de 2020.
Résidu restant dans les conteneurs de gaz	De 1990 à 2013	La valeur par défaut du résidu (IPCC, 2006) est appliquée aux données de ventes des fournisseurs.
	De 2010 à aujourd'hui	La valeur du résidu est fixée à zéro pour les données des installations fabriquant des semi-conducteurs, car il a été établi par pesée des conteneurs de gaz avant et après utilisation.
Fraction du taux d'utilisation du NF_3 et coefficient d'émission du sous-produit CF_4	De 1990 à 2013	Les coefficients d'émission par défaut du Niveau 2a (GIEC, 2006) ont été appliqués aux données de ventes des fournisseurs.
	De 2010 à aujourd'hui	Les coefficients par défaut propres aux procédés de Niveau 2b (GIEC, 2006) ont été appliqués aux données des installations de fabrication de semi-conducteurs.
Taux d'utilisation de la technologie antipollution et efficacité de la destruction	De 1990 à aujourd'hui	Le taux d'utilisation de la technologie de contrôle des émissions a été confirmé comme nul pour les années de 2014 à 2020 par le seul utilisateur dans l'installation de semi-conducteurs et a été supposé nul pour toutes les années.

Émissions de SF_6 attribuables à la fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 des TCD)

L'utilisation de SF_6 dans la fabrication des semi-conducteurs peut générer des émissions de SF_6 (GIEC, 2006). Toutefois, au contraire des PFC et du NF_3, l'utilisation du SF_6 ne génère aucune émission de sous-produit de fluorocarbone. Une méthode de Niveau 2a des Lignes directrices 2006 du GIEC en version modifiée a servi à estimer les émissions de SF_6 attribuables à la fabrication de semi-conducteurs (Équation 4–17). Les lacunes dans les données ont été comblées par interpolation, par extrapolation à l'aide d'une variable de substitution ou selon l'hypothèse que les données étaient constantes. Faute de données, la méthode ayant servi à estimer les émissions de 1990 à 2003 diffère. Une méthode par superposition a servi à ajuster les données de ces années pour que la série chronologique soit cohérente. Le Tableau 4–24 résume les sources de données ayant servi à estimer les émissions.

Équation 4–17

$$E_{SC,SF_6} = (1-h) \times \left[FC \times (1-U) \times \left(1 - \sum_{f=1}^{n} (s_f \times a_f \times d_f)\right)\right]$$

E_{SC,SF_6} = émissions totales issues de l'utilisation de SF_6 dans la fabrication de semi-conducteurs

h = valeur du résidu de 12 %, fournie par deux grands fournisseurs de gaz SF_6

FC = quantité de SF_6 utilisé dans l'industrie de la fabrication de semi-conducteurs (Données sur la quantité de SF_6 importée multipliée par la fraction annuelle des ventes de SF_6 attribuée à la fabrication des semi-conducteurs)

U = fraction du taux d'utilisation de SF_6 (fraction détruite ou transformée dans le procédé), égale à 0,8 (GIEC, 2006)

s_f proportion, propre à chaque installation, des données de vente des fournisseurs de gaz SF_6 attribuée à la fabrication de semi-conducteurs

a_f fraction d'utilisation, propre à chaque installation, des émissions attribuables à la technologie antipollution

d_f efficacité de destruction du SF_6 par la technologie antipollution propre à chaque l'installation

Les émissions de SF_6 sont attribuées aux provinces ayant des installations reconnues de semi-conducteurs (Alberta, Colombie-Britannique, Ontario et Québec) à partir de données économiques de ECCC sur l'industrie de la Fabrication de produits informatiques et électroniques.

Tableau 4–24 **Sources de données ayant servi à calculer les émissions de SF_6 attribuables à la fabrication des semi-conducteurs**

Variable	Année	Description de la source de données
Quantité de SF_6 employée	De 1990 à 1994	Aucune donnée accessible. Les valeurs sont maintenues constantes aux niveaux de 1995 à l'aide d'une technique de chevauchement (GIEC, 2006) appliquée pour assurer une tendance conforme à la méthodologie employée à partir de 2004.
	De 1995 à 2003	Les ventes de SF_6 aux installations de semi-conducteurs ont été déclarées par les fournisseurs. Pour faire en sorte que la tendance soit cohérente avec la méthodologie employée à partir de 2004, une technique de chevauchement (IPCC, 2006) a été appliquée à ces années de données.
	De 2004 à 2009	Les données annuelles d'importation de SF_6 (Statistique Canada, s.d. [f]) ont été multipliées par la fraction annuelle des ventes de SF_6 attribuée à la fabrication de semi-conducteurs. Ces fractions ont été établies à partir de données recueillies volontairement auprès des fournisseurs de gaz.
	De 2010 à 2011	Les données annuelles d'importation de SF_6 (Statistique Canada, s.d. [f]) ont été multipliées par la fraction annuelle des ventes de SF_6 attribuée à la fabrication de semi-conducteurs. Ces fractions ont été interpolées entre 2009 et 2014, faute de données recueillies auprès des fournisseurs.
	De 2012 à 2013	Les données sur les importations de SF_6 ont été interrompues après 2011. Les données annuelles d'importation de SF_6 ont été extrapolées à partir de 2011 au moyen des données économiques d'ECCC (ECCC, 2025b) et multipliées par la fraction annuelle des ventes de SF_6 attribuée à la fabrication de semi-conducteurs. Ces fractions ont été interpolées entre 2009 et 2014, faute de données recueillies auprès des fournisseurs.
	De 2014 à 2020	Les données annuelles d'importation de SF_6 ont été extrapolées à partir de 2011 au moyen des données économiques d'ECCC (ECCC, 2025b) et multipliées par la fraction annuelle des ventes de SF_6 attribuée à la fabrication de semi-conducteurs. Ces fractions ont été établies à partir de données recueillies volontairement auprès des fournisseurs de gaz.
	De 2021 à aujourd'hui	Les données annuelles d'importation de SF_6 ont été extrapolées à partir de 2011 au moyen des données économiques d'ECCC (ECCC, 2025b) et multipliées par la fraction annuelle des ventes de SF_6 attribuée à la fabrication de semi-conducteurs, faute de données recueillies auprès des fournisseurs de gaz.
Résidu restant dans les conteneurs de gaz	De 1990 à aujourd'hui	Une valeur propre au pays de 12 % a été donnée, que deux principaux fournisseurs de gaz SF_6 ont confirmée.
Fraction du taux d'utilisation du SF_6	De 1990 à aujourd'hui	Le coefficient par défaut de Niveau 2a (GIEC, 2006) a été appliqué.
Taux d'utilisation de la technologie antipollution et efficacité de la destruction du SF_6	De 1990 à 2013	Aucune donnée accessible. Le taux d'utilisation des technologies antipollution est supposé nul.
	De 2014 à 2020	Les données annuelles des installations de semi-conducteurs ont été intégrées dans l'estimation à l'aide de la proportion des ventes de SF_6 par des fournisseurs de gaz à chaque installation. Cette proportion est attribuée à la fabrication de semi-conducteurs (variable s_f dans l'Équation 4–17).
	De 2021 à aujourd'hui	Aucune donnée n'a été recueillie et les valeurs ont été maintenues constantes aux niveaux de 2020.

Émissions de PFC attribuables à d'autres applications émettrices (catégorie 2.E.5 des TCD)

Cette catégorie comprend les PFC utilisés à des fins de contrôle de la qualité dans l'industrie de l'électronique, notamment les essais en environnement électrique, les essais d'étanchéité (fuites grossières), les essais de résistance aux chocs thermiques, ainsi que les applications d'analyse et de détection brève des défaillances. Le perfluorométhane (CF_4), le perfluoroéthane (C_2F_6), le perfluorocyclobutane (c-C_4F_8) et le perfluorohexane (C_6F_{14}) ont été utilisés pour ces applications pendant la série chronologique.

Les données sur les activités liées à l'utilisation de PFC dans le cadre d'Autres applications émettrices ont été recueillies de la même manière que les données sur les PFC utilisés dans la catégorie Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (catégorie 2.F des TCD; voir la section 4.7.2). Les utilisations pour ces applications ont été enregistrées de façon intermittente dans les enquêtes pendant la série chronologique.

Les émissions découlant des PFC utilisés dans des applications d'essais de contrôle de la qualité dans l'industrie de l'électronique sont présumées ponctuelles et avoir un profil temporel d'émission semblable à celui des utilisations de substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone dans les applications faisant appel à des aérosols et à des solvants. La méthodologie de niveau 1a de l'Équation 7.18 des Lignes directrices 2006 du GIEC a été utilisée pour estimer les émissions attribuables aux applications émettrices. Puisqu'il n'y avait aucun coefficient d'émission pour les Autres applications émettrices dans les Lignes directrices 2006 du GIEC, le coefficient d'émission par défaut des Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000), selon lequel 50 % de la charge initiale est émise au cours de la première année et le reste au cours de l'année suivante, a été appliqué.

4.6.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes ont été évaluées dans toutes les catégories de l'industrie des produits électroniques. Dans la mesure du possible, les évaluations prennent en compte l'incertitude des données sur les activités, les coefficients d'émission et les techniques servant à combler les lacunes utilisées dans les estimations d'émissions. Dans certains cas, les valeurs d'incertitude étaient calculées pour une seule année et supposées représenter toute la série chronologique. Le Tableau 4–25 résume les plages d'incertitude par catégorie et par gaz.

La cohérence de la série chronologique a été assurée par le recours aux techniques de raccordement décrites dans le Chapitre 5 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Tableau 4–25 **Résumé de l'évaluation du degré d'incertitude dans l'industrie des produits électroniques**

Catégorie	Catégorie des TCD	Niveau de l'évaluation du degré d'incertitude	Gaz	Plage d'incertitude	Années
Fabrication de semi-conducteurs	2.E.1	Niveau 1	PFC	de ±19 % à ±321 %	De 1995 à aujourd'hui
		Niveau 1	NF_3	de ±261 % à ±310 %	De 1990 à aujourd'hui
		Niveau 1	SF_6	±45 %	De 1990 à aujourd'hui
Autres applications émissives	2.E.5.b	Niveau 1	PFC	±50 %	De 1995 à aujourd'hui

4.6.4. AQ/CQ et vérification

Les catégories du sous-secteur de l'Industrie électronique ont fait l'objet de contrôles comme définis dans la section 4.1.

De plus, les contrôles des données suivants ont été effectués lors de l'estimation des émissions de PFC, de NF_3 et de SF_6 découlant de la Fabrication de semi-conducteurs :

- détection des différences interannuelles importantes dans les données sur les activités (c.-à-d. le nombre annuel d'utilisateurs et les quantités annuelles de certains gaz vendus par distributeur de gaz) et échanges ponctuels avec le fournisseur de données pour une vérification et des explications;
- comparaison des données sur l'achat par les utilisateurs avec les données sur les utilisations aux ventes déclarées par les distributeurs de gaz;
- vérification de la cohérence des données d'une année à l'autre par la comparaison à l'échelle des installations de certaines combinaisons gaz-procédé;
- comparaison de l'efficacité de destruction des dispositifs antipollution fournie par les installations avec celle fournie par les fabricants de ces dispositifs et contre-vérification par comparaison avec les paramètres d'efficacité par défaut des Niveaux 2a et 2b du Tableau 6.6 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

4.6.5. Recalculs

Émissions de SF_6 découlant de la Fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 des TCD)

Les émissions ont été recalculées pour les années 2012 à 2023 en raison de la révision des données économiques de ECCC pour l'industrie de la Fabrication de produits informatiques et électroniques. L'incidence la plus importante de ces recalculs se chiffrait à -1 kt d'éq. CO_2 en 2023.

Aucun recalcul n'a été effectué pour les émissions de PFC ou de NF_3 de cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.6.6. Améliorations prévues

Aucune donnée n'a été recueillie par enquête à participation volontaire pour 2021 à 2024, et les niveaux d'utilisation et les émissions de 2021 à 2024 ont été maintenus au niveau de 2020. Une collecte à participation volontaire des données de 2021 à 2024 est en cours pour obtenir les données actualisées d'utilisation de PFC, de SF_6 et de NF_3.

4.7. Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (catégorie 2.F des TCD)

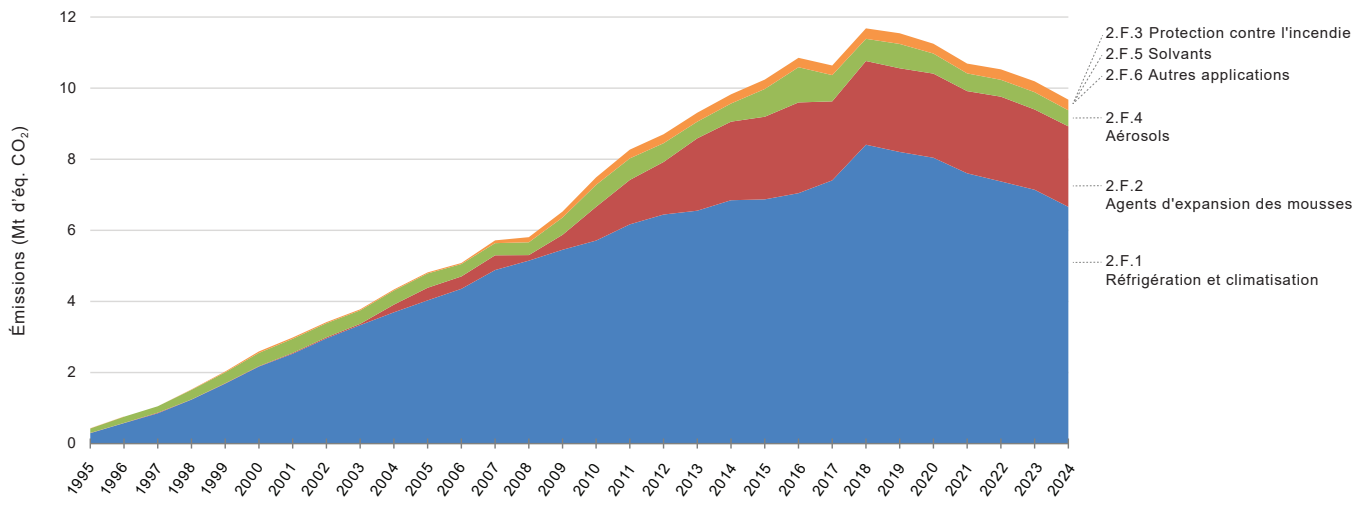
4.7.1. Description de la catégorie

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, HFC

Avant que le Protocole de Montréal interdisant la production et l'utilisation des chlorofluorocarbones n'entre en vigueur en 1996, très peu d'hydrofluorocarbures (HFC) étaient produits et utilisés dans le monde (GIEC, OCDE, AIE, 1997). Les émissions canadiennes imputables à la consommation de HFC ont été jugées négligeables pour la période 1990-1994, et il est supposé que la consommation de HFC au Canada ait commencé en 1995. Les HFC sont utilisées dans tout un éventail d'applications, y compris la réfrigération, la climatisation, la protection contre les incendies, les aérosols, les solvants et les agents d'expansion des mousses. Aucun HFC n'a été produit au Canada, de sorte que tous les HFC consommés sont importés en vrac ou sous forme d'articles fabriqués (comme les réfrigérateurs).

Les rejets de HFC ont compté pour environ 9 679 kt d'éq. CO_2 (soit 1,4 %) des émissions totales du Canada en 2024, une hausse de 101 % depuis 2005. Cette hausse peut s'expliquer par leur utilisation croissante comme substituts des substances appauvrissant l'ozone. Les applications de Réfrigération et climatisation (catégorie 2.F.1 des TCD) et des Agents d'expansion des mousses (catégorie 2.F.2 des TCD) constituent les principales sources d'émissions de HFC et des catégories clés (Figure 4–2). Depuis leur sommet à 11 682 kt d'éq. CO_2 en 2018, les émissions de HFC ont diminué de 17 %, en partie grâce à une diminution des importations de HFC en vrac. Cette diminution coïncide avec la mise en œuvre du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement*. En 2024, ce règlement limite les importations nationales nettes de HFC (exprimées en masse d'équivalent CO_2) à 60 % de la consommation des années de référence 2011 à 2013[19].

Figure 4–2 **Émissions produites par des HFC utilisés comme substituts à des substances appauvrissant l'ozone, par application**



Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, PFC

La consommation de perfluorocarbures (PFC) au Canada a commencé en 1995. Comme les hydrofluorocarbures (HFC), les PFC sont également utilisés pour remplacer les substances appauvrissant l'ozone (SAO) qui sont progressivement éliminées en vertu du Protocole de Montréal (GIEC, 2006). Cependant, au Canada, l'utilisation des PFC est très limitée par rapport aux HFC. Les applications canadiennes qui ont fait appel aux PFC pour remplacer les SAO pendant la série chronologique comprennent les suivantes : Réfrigération et climatisation, Agents d'expansion des mousses et Solvants. Les émissions de PFC contribuent à la catégorie clé de la Réfrigération et climatisation (catégorie 2.F.1 des TCD) dans la dernière année de données, bien que les émissions de HFC constituent la majorité des émissions dans cette catégorie.

Les rejets de PFC étaient d'environ 6 kt d'éq. CO_2 en 2024, soit une augmentation de 217 % depuis 2005.

4.7.2. Questions de méthodologie

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, HFC

Données sur les activités

Les données sur la consommation de HFC au Canada proviennent des importations en vrac et des importations et exportations d'articles fabriqués. Le Canada réexporte à l'occasion de petites quantités de HFC inutilisé en vrac.

19 Le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* est accessible à la page suivante : https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2016-137/.

Les données sur les importations et exportations et les ventes intérieures de HFC en vrac existent pour la plupart de la série chronologique; elles ont été recueillies par un mélange de sondages obligatoires et à participation volontaire. Une lacune dans les données de l'année 2016 a été comblée par extrapolation à partir des données de 2015. Plus récemment, pour l'année civile 2017 et les suivantes, les données sur les HFC en vrac ont été obtenues à partir de déclarations obligatoires en vertu du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement*[20].

Les données sur les HFC dans les importations et exportations de produits fabriqués existent jusqu'en 2015; elles ont été recueillies sporadiquement par un mélange de sondages obligatoires et à participation volontaire. Les lacunes ont été comblées par interpolation ou extrapolation. Les données exhaustives sur les produits fabriqués s'arrêtent en 2010. Les importations et exportations de produits fabriqués ont été extrapolées à partir de 2011 à l'aide de variables de substitution telles que des données économiques dévaluées, et ce, afin d'estimer la variation de la consommation de HFC pour une utilisation finale donnée (application ou sous-application).

Toutes les données sur les activités ont été fournies à l'échelle des sous-applications de Niveau 2a ou ont été ventilées par sous-application à l'aide des rapports provenant des déclarations détaillées dans les années de données précédentes ou par une recherche interne sur les entreprises en question. Pour des précisions sur les données reçues, les applications et sous-applications, la méthode de désagrégation et les méthodes d'extrapolation, consulter la section A3.3.3.

Le Tableau 4–26 présente la liste complète des HFC et les années des données sur les activités correspondantes.

Le Tableau 4–27 présente la ventilation des données sur l'importation de HFC en vrac de l'année 2024 par type de HFC et par application attribuée.

Tableau 4–26 HFC utilisés au Canada et années d'apparition dans les données sur les activités

Type de HFC	Période	Type de HFC	Période
HFC-125	1995–2015, 2017–2024	HFC-23	1995–2004, 2008–2015, 2017–2024
HFC-134	2008–2009, 2015, 2017–2024	HFC-236fa	1996–1998, 2000–2004, 2008, 2010, 2012–2013, 2020–2021
HFC-134a	1995–2015, 2017–2024	HFC-245fa	2001–2015, 2017–2024
HFC-143	2013 et 2023	HFC-32	1995–2015, 2017–2024
HFC-143a	1995–2015, 2017–2024	HFC-365mfc	2008–2015, 2017–2020
HFC-152	2024	HFC-41	1999–2000
HFC-152a	1995–2015, 2017–2024	HFC-4310mee	1998–2015, 2018–2020, 2024
HFC-227ea	1995–2015, 2017–2024		

Tableau 4–27 Importations de HFC en vrac pour l'année 2024 par type et par application

Type de HFC	2.F.1 Réfrigération et climatisation	2.F.2 Agents d'expansion des mousses	2.F.3 Protection contre le feu	2.F.4 Aérosols	2.F.5 Solvants	2.F.6 Autres applications	Importations en vrac totales de HFC
HFC-23	0,0 %	-	-	-	-	-	0,0 %
HFC-32	19,2 %	-	43,1 %	-	100,0 %	-	12,4 %
HFC-4310mee	-	-	-	0,1 %	-	-	0,0 %
HFC-125	28,5 %	-	56,9 %	-	0,0 %	-	18,2 %
HFC-134a	42,4 %	9,7 %	-	2,6 %	0,0 %	0,6 %	29,4 %
HFC-143a	9,6 %	-	-	-	0,0 %	-	6,1 %
HFC-152	0,1 %	-	-	-	-	-	0,1 %
HFC-152a	0,0 %	90,3 %	-	97,4 %	-	99,4 %	33,8 %
HFC-227ea	0,1 %	-	-	-	-	-	0,1 %
HFC-245fa	-	-	-	-	0,0 %	-	0,0 %
Part des applications dans les importations totales en vrac	63,8 %	19,3 %	0,0 %	16,8 %	0,1 %	0,0 %	100,0 %

Notes :
Les quantités d'importations de HFC en vrac en 2024 ont été obtenues par le biais de déclarations prévues par le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement*. Les données ont été ventilées par application, sous-application, entreprise et gaz à l'aide des rapports extraits des déclarations détaillées des années précédentes ou de recherches internes. Voir l'Annexe 3.3, section A3.3.3 pour plus de détails sur la méthode de ventilation des données.
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
Le symbole « - » indique qu'aucune importation de ce type de HFC n'a été attribuée à l'application.
La mention 0,0 % indique que des importations ont été affectées à l'application, mais qu'elles étaient faibles et qu'elles ont été tronquées en raison des chiffres arrondis.

20 La liste des titulaires d'allocations de consommation de HFC par année civile est accessible à cette adresse : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/permis/autorisations-substances-appauvrissant-couche-ozone.html.

Deux établissements au Canada, Fielding Environmental à Mississauga, en Ontario, et Refrigerant Services Inc. à Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, peuvent récupérer les frigorigènes (ICCCR, 2023). Jusqu'au 31 mai 2021, la société SUEZ Waste Services à Swan Hills, en Alberta, détruisait les frigorigènes[21]. La société PureSphera à Bécancour, au Québec, peut aussi récupérer ou détruire les HFC dans l'équipement de réfrigération en fin de vie[22]. Cependant, aucune donnée n'est accessible au public sur la quantité de HFC détruite ou récupérée au Canada.

Coefficients d'émission

Des enquêtes ont été réalisées en 2012 dans l'optique de se renseigner sur les pratiques en matière de consommation et d'élimination des HFC dans l'industrie de la réfrigération et de la climatisation pour appuyer l'élaboration de coefficients d'émission nationaux représentatifs du contexte canadien (Environmental Health Strategies Inc., 2013; ECCC, 2015). Pour des précisions sur les résultats des enquêtes et les procédures de contrôle de la qualité, veuillez consulter la section A3.3.3.3. Les coefficients d'émission propres au pays ont été appliqués pour toute la série chronologique.

Pour toutes les autres applications, il est utilisé les coefficients d'émission de niveau 1 par défaut figurant dans le Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Tous les coefficients d'émission sont listés à l'Annexe 6 accompagnés de références.

Méthodologie d'estimation

Comme les chiffres applicables aux différents types d'équipements ne sont pas disponibles pour le Canada, il est utilisé la méthode de niveau 1a/2a du GIEC (GIEC, 2006) avec les quantités annuelles de HFC consommées par application et sous-application, comme il en est question à la section 7.1.2.1 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Pour les applications de réfrigération et de climatisation, les méthodes de niveau 2a et les coefficients d'émission propre au pays ont été utilisés (GIEC, 2006). Pour toutes les autres applications, les méthodes de niveau 1a ont été utilisées, et les données sur les activités au niveau de la sous-application ont été multipliées par les coefficients d'émission par défaut pour l'application (GIEC, 2006). Pour le calcul de la consommation nette de chaque HFC dans chaque sous-application, il est utilisé une version adaptée au contexte canadien de l'Équation 7.1 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Se reporter à la section A3.3.3 pour plus de détails sur la méthodologie.

L'évolution du cycle de vie de chaque HFC est suivie par sous-application et par année, et la quantité d'émissions annuelles est estimée à chaque stade du cycle de vie (assemblage du produit, exploitation du produit et mise hors service en fin de vie utile). La quantité annuelle de chaque HFC encore présente dans les produits (en stock) après l'assemblage, pendant l'exploitation et à la mise hors service de fin de vie est également calculée. Ainsi, la version mathématiquement enrichie de la méthode exposée à la section 7.1.2.2 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et aux sections subséquentes est appliquée. Les émissions attribuables à chaque stade du cycle de vie sont estimées pour chaque sous-application en multipliant la quantité de HFC présente à ce stade par le coefficient d'émission correspondant. Les équations servant à estimer les émissions de HFC appliquées à chaque application ou sous-application sont expliquées plus en détail à la section A3.3.3.

Une fois calculées à l'échelle nationale, les émissions pour chaque année, sous-application et étape du cycle de vie sont attribuées aux provinces et territoires à l'aide de variables de substitution comme la population, la surface utile et les données économiques.

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, PFC

Les méthodes des niveaux 1a et 2a du GIEC (2006) ont servi à estimer les émissions imputables à la consommation de PFC dans diverses applications durant l'année 1995 et les suivantes. Ces méthodes sont décrites en détail dans les sous-sections qui suivent. Les données sur les activités de la période de 1995 à 2000 proviennent des sondages sur les PFC menés en 1998 et 2001 par Environnement Canada. Pour 2001 et 2002, comme il n'existait pas de données, les émissions ont été estimées en partant de l'hypothèse que les quantités utilisées dans diverses applications étaient demeurées constantes après 2000. Quant à la période de 2003 à 2007, Environnement Canada a recueilli des données sur les PFC auprès des grands distributeurs qui ont participé de façon volontaire à cette collecte en 2008 et 2009, données qui ont alors été intégrées à celles existant sur la consommation de PFC. Pour 2008 et 2009, les grands distributeurs ont fourni les données sur la consommation de PFC de façon volontaire en 2009 et 2010. En ce qui a trait à la période de 2014 à 2020, les données sur les PFC ont été recueillies auprès des distributeurs de gaz par des enquêtes à participation volontaire réalisées en 2019, 2020 et 2021. Faute de collecte de données sur les PFC de 2021 et les années suivantes, les données sur les quantités utilisées en 2020 ont été maintenues constantes pour estimer celles de 2021 à 2024. Lors des années 2010 à 2013, pour estimer la consommation de PFC, les quantités d'utilisation des sous-applications ont été interpolées avec les données sur les activités de 2009 et de 2014.

21 Czajko, C., Larsen, N. Communication personnelle (réunion par Microsoft Teams de Czajko, C., de Larsen, N., et de la section Industrie de la Division des inventaires et rapports sur les polluants d'ECCC datant du 12 avril 2021). Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération - Programme canadien de gestion des frigorigènes.

22 Le procédé de récupération de PureSphera est décrit à la page web suivante : https://www.puresphera.com/technologies-propres.

En ce qui a trait aux données sur les activités relatives aux mélanges à base d'HFC et de PFC, celles pour les années 2008 à 2015 ont été recueillies au moyen des enquêtes à participation obligatoire de 2014 et de 2016 portant sur les HFC, et celles des années 2017 à 2024 ont été recueillies au moyen des enquêtes à participation obligatoire de 2018 et des années suivantes portant sur les HFC. Les données de 2016 sur les activités relatives à ces mélanges ont été interpolées à partir des données sur les activités de 2015 et de 2017. L'élément PFC des données sur les activités relatives à ces mélanges a été ventilé à l'aide du Tableau 7.8 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Les coefficients d'émission appliqués pour l'utilisation de PFC comme substituts de SAO sont présentés dans le Tableau A6.2–14.

Réfrigération et climatisation (catégorie 2.F.1 des TCD, PFC)

La méthode de Niveau 2a du GIEC (c'est-à-dire les équations 12, 13 et 14 de la section 7.5 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC) a été utilisée pour estimer les émissions provenant des phases d'assemblage, d'exploitation et d'élimination des sous-applications suivantes : systèmes de réfrigération commerciaux et systèmes de climatisation fixes. Aucune autre sous-application de réfrigération ou de climatisation n'a été déclarée dans les enquêtes menées dans l'ensemble de la série chronologique.

Les pertes durant l'assemblage (valeurs k) et les taux annuels de fuites pendant l'exploitation (valeurs x) utilisés ont été choisis à partir d'une plage de valeurs fournie pour chaque sous-application dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. Les taux de perte et de fuite par sous-application peuvent être consultés dans le Tableau A6.2–14.

Les données relatives aux systèmes de réfrigération utilisées pour ce calcul comprennent la quantité de PFC contenue dans les équipements importés ou fabriqués au Canada, mais excluent la quantité de PFC exportée et perdue durant l'assemblage.

Au Canada, les PFC ont commencé à être utilisés en 1995. Il est présumé qu'il n'y a pas eu d'émissions de PFC attribuables à l'élimination de systèmes de réfrigération et de climatisation fixes entre 1995 et 2009 étant donné que ces systèmes ont une durée de vie moyenne de 15 ans (GIEC, 2006). Il est également présumé qu'il n'y a pas de technologies de récupération ou de recyclage en place et, par conséquent, que 100 % des quantités restantes dans les systèmes sont rejetées à la fin de la durée de vie, c'est-à-dire que le réfrigérant restant d'un système de réfrigération construit en 1995 serait émis au cours de l'année 2010. Il faut s'attendre à des fluctuations des émissions au cours des années où la durée de vie utile a été atteinte et où le reste des PFC dans les systèmes sont éliminés.

Pendant la série chronologique, le perfluorométhane (CF_4), le perfluoroéthane (C_2F_6) et le perfluoropropane (C_3F_8) ont été utilisés comme réfrigérants commerciaux ou dans des mélanges de réfrigérants commerciaux et, en date de 2020, une petite quantité de C_2F_6 est toujours importée chaque année dans les mélanges R-508B pour la réparation et l'entretien de réfrigérateurs commerciaux.

En outre, le C_2F_6 (ou les mélanges qui en contiennent) a été utilisé dans les climatiseurs fixes. Son utilisation a été déclarée pour la dernière fois en 2008, bien que les émissions lors du fonctionnement et en fin de vie des appareils soient encore estimées en 2023.

Les PFC utilisés dans les équipements de réfrigération commerciaux ont contribué un total de 4 kt d'éq. CO_2 en 2024.

Agents d'expansion des mousses (catégorie 2.F.2 des TCD, PFC)

L'utilisation du perfluoropentane (C_5F_{12}) dans la mousse à alvéoles fermées a été déclarée dans le cadre de la collecte de données sur les activités de 1995 à 1997 qui a eu lieu en 1998. Une installation l'a utilisé pour fabriquer des panneaux de mousse phénolique rigide jusqu'à ce qu'elle ferme ses portes en août 1997. Depuis, aucune autre utilisation de PFC dans la fabrication de mousse à alvéoles fermées n'a été déclarée.

Aucune utilisation de PFC dans la fabrication de mousse à alvéoles ouvertes n'a été déclarée dans les collectes de données. Par conséquent, les émissions de cette source devraient être négligeables.

Pour estimer les émissions de la mousse à alvéoles fermées, une méthode de Niveau 2a visant un procédé particulier a été appliquée à l'aide des coefficients d'émission par défaut de la sous-application bloc phénolique des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les HFC-245fa, HFC-365mfc et HFC-227ea. L'Équation 7.7 de la section 7.4 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC a servi à estimer les émissions provenant des sous-applications des mousses à alvéoles fermées. Au cours de la production de mousses à alvéoles fermées, environ 45 % des PFC utilisés dans la fabrication sont rejetés. La quantité résiduelle de PFC est piégée dans la mousse et rejetée lentement à raison de 0,75 % de la charge originale par année pendant environ 15 ans (GIEC, 2006).

L'estimation des émissions du C_5F_{12} utilisé comme agent d'expansion de la mousse à alvéoles fermées en circulation a pris fin en 2011.

Protection contre les incendies (catégorie 2.F.3 des TCD, PFC)

Aucune utilisation de PFC dans des applications de Protection contre les incendies n'a été déclarée dans les collectes de données. Par conséquent, les émissions de cette source devraient être négligeables.

Aérosols (catégorie 2.F.4 des TCD, PFC)

Aucune utilisation de PFC comme propulseur en aérosol n'a été déclarée dans les collectes de données. Par conséquent, les émissions de cette source devraient être négligeables. Les émissions de PFC importés dans des bombes à aérosol et utilisés comme solvants sont déclarées dans la catégorie des Solvants.

Solvants (catégorie 2.F.5 des TCD, PFC)

Les utilisations du CF_4, du C_2F_6, du perfluorocyclobutane (c-C_4F_8), du C_5F_{12} et du perfluorohexane (C_6F_{14}) comme solvants ont été déclarées pendant la série chronologique. Comme principales sous-applications, notons leur utilisation dans le nettoyage de l'électronique, les solvants de laboratoire et les solvants de supports utilisés dans divers produits (p. ex., revêtement de protection, agents de démoulage, lubrifiants).

La méthode de Niveau 1a du GIEC présentée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC a servi à estimer les émissions de PFC imputables aux solvants. Il est présumé que le produit a une durée de vie de deux ans; un coefficient d'émission par défaut du GIEC de 50 % de la charge initiale par année (GIEC, 2006) est utilisé. L'Équation 7.5 de la section 7.2 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions pour chaque année, lesquelles équivalent à la moitié de la quantité de PFC utilisés comme solvants dans l'année en cours plus la moitié de la quantité de PFC utilisés comme solvants l'année précédente. La quantité de PFC utilisés chaque année est égale à la quantité de PFC produits et importés comme solvants et exclut la quantité de PFC exportés comme solvants.

En 2024, les émissions découlant des utilisations de CF_4 et de C_2F_6 dans les applications de solvants ont contribué moins de 3 kt d'éq. CO_2.

4.7.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, HFC

Une évaluation de l'incertitude de Monte-Carlo a été réalisée pour la consommation de HFC. Dans le cadre de l'évaluation, il est tenu compte des incertitudes associées à toutes les sous-applications, comme la réfrigération commerciale, les climatiseurs mobiles, etc. Les incertitudes liées aux données sur les activités (Cheminfo Services, 2005c) et les coefficients d'émission provenant du Volume 3, Chapitre 7 (GIEC, 2006) ont servi à déterminer l'incertitude pour chacune des applications. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble s'établissait à ± 11 %.

La cohérence de la série chronologique a été assurée par les techniques de raccordement décrites au Chapitre 5 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, PFC

L'incertitude de Niveau 1 a été évaluée pour la consommation de PFC lors des années 1995 à 2008. Comme dans le cas de la consommation de HFC, les incertitudes liées aux données sur les activités (GIEC, 2006) et aux coefficients d'émission (ministère de l'Environnement du Japon, 2009) ont été pris en compte dans l'évaluation de la consommation de PFC. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble sur la série chronologique variait de ± 9 % à ± 23 %. L'incertitude de l'année en cours est supposée de ± 23 %, soit l'incertitude la plus élevée et la plus récente (2008) dans la plage étudiée. L'incertitude de l'année de référence (1990) est de zéro, car l'utilisation de PFC comme substituts de SAO n'a commencé qu'en 1995.Quant aux émissions de PFC, la cohérence de la série chronologique a été assurée par les techniques de raccordement décrites au Chapitre 5 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Ces techniques comprenaient l'interpolation et l'extrapolation des tendances en l'absence de collecte de données certaines années, tel que décrit dans la section 4.7.2.

4.7.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 décrites à la section 4.1 ont été employées pour les HFC et les PFC dans cette catégorie.

De plus, les vérifications suivantes ont été effectuées :

- vérification de l'absence de double comptabilisation des données sur les activités d'une même année entre les sondages sur les PFC recueillis des distributeurs de gaz sur une base volontaire et les sondages obligatoires sur les mélanges HFC et PFC;
- comparaison des données sur les HFC déclarées par les entreprises avec l'allocation de consommation de celles-ci en vertu du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement*.

4.7.5. Recalculs

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, HFC

Des recalculs ont été effectués pour cette catégorie en ce qui concerne les années 2010 à 2023 en raison de corrections apportées au traitement des données sur les HFC en vrac et de l'utilisation de variables de substitution mises à jour dans les extrapolations. Les recalculs varient de -407 kt d'éq. CO_2 (-4 %) en 2014 à +229 kt d'éq. CO_2 (+2 %) en 2018. De plus, les estimations provinciales ont été recalculées à l'aide des variables de substitution mises à jour.

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, PFC

Aucun recalcul n'a été effectué pour les émissions de PFC dans cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.7.6. Améliorations prévues

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, HFC

Il y a une lacune dans les données sur les importations et les exportations d'articles fabriqués, pour lesquelles la dernière année ayant entièrement fait l'objet d'un sondage est 2010. Les quantités de 2010 ainsi que quelques données incomplètes sur les années 2011 à 2015 sont extrapolées à l'aide de variables de substitution pour compléter les années ultérieures de la série chronologique. Dans le but de combler les lacunes dans les données et de donner suite à une recommandation de l'EEET issue de l'examen national mené en 2025, un examen est en cours quant aux données statistiques existantes sur les importations, les exportations et les ventes d'articles fabriqués pouvant contenir des HFC. De plus, des échanges constants avec les intervenants de l'industrie ont lieu pour obtenir l'information requise à des fins d'intégration dans l'inventaire.

Les facteurs de perte lors de l'élimination en fin de vie des applications de réfrigération et de climatisation ont été sélectionnés à la lumière des résultats d'une étude de 2012 et d'un examen interne (EHS, 2013; ECCC, 2015). Pour toutes les autres applications, les facteurs de perte lors de l'élimination de Niveau 1 par défaut, provenant du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), sont utilisés. Dans le but de valider (ou de mettre à jour) ces coefficients et de donner suite à une recommandation issue de l'EEET lors de l'examen national mené en 2025, des recherches et des communications sont en cours avec plusieurs intervenants, comme les programmes de gestion des frigorigènes et les installations de récupération ou de destruction.

Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, PFC

Aucune collecte de données à participation volontaire n'a eu lieu de 2021 à 2024, et les niveaux d'utilisation de 2021 à 2024 ont été maintenus constants, au niveau de 2020, pour la plupart des applications. Une collecte de données à participation volontaire visant les années 2021 à 2024 est en cours, afin d'obtenir des données à jour sur la distribution et l'utilisation de PFC.

Solvants (catégorie 2.F.5 des TCD, PFC)

Certaines des récentes enquêtes à participation volontaire (2014 à 2020) réalisées auprès des distributeurs de gaz obtiennent les rapports annuels des ventes comportant le nom de l'entreprise et les quantités vendues, sans autre information sur l'utilisation finale. Une grande partie de la quantité de PFC attribuée à l'utilisation comme solvants est déterminée au moyen d'études menées par des personnes qui dressent des inventaires. Étant donné le vaste éventail d'utilisations possibles des solvants (et des PFC), l'incertitude liée à l'attribution dans une catégorie et aux profils d'émissions des utilisations de solvants est élevée. Les utilisateurs des PFC comme solvants seront contactés pour valider l'attribution par catégorie et le profil d'émissions de leur utilisation de solvants (dans la mesure du possible).

4.8. Fabrication et utilisation d'autres produits (catégorie 2.G des TCD)

4.8.1. Description de la catégorie

La catégorie de la Fabrication et utilisation d'autres produits comprend les émissions imputables à l'utilisation d'hexafluorure de soufre (SF_6) dans les équipements électriques (catégorie 2.G.1 des TCD), les émissions d'oxyde nitreux (N_2O) attribuables aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a des TCD), les émissions de N_2O imputables à l'utilisation comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b des TCD) et les émissions de perfluorocarbures (PFC) attribuables à l'utilisation d'autres produits confinés (catégorie 2.G.4 des TCD), comme les utilisations comme isolants électriques ou agent des réfrigérants diélectriques, qui ne servent pas à remplacer les SAO et qui ne sont pas liés à l'industrie de l'électronique.

Les services publics utilisent le SF_6 comme agent d'isolation et d'extinction dans les équipements électriques à haute tension, comme les appareillages de connexion, les disjoncteurs autonomes et les sous-stations isolées au gaz. Au Canada, le SF_6 est principalement utilisé dans les disjoncteurs contre les hautes tensions et l'équipement connexe. Les émissions

produites lors de l'utilisation d'équipement découlent de fuites pendant les activités de transfert et de manutention de gaz et le fonctionnement normal de l'équipement. Afin de garder l'équipement bien chargé et en bon état de fonctionner, les installations doivent remplir leur équipement pour remplacer la quantité qui a fui.

Nitrous Oxide of Canada (NOC), situé à Maitland (Ontario), est le seul producteur connu d'oxyde nitreux comprimé aux fins de ventes commerciales au Canada. NOC fournit du N_2O à deux des trois principaux distributeurs de ce gaz, qui occupent l'essentiel du marché commercial au Canada. Ces sociétés vendent des bouteilles de N_2O à un nombre relativement important de sous-distributeurs. Il est estimé qu'il pourrait y avoir au Canada entre 9 000 et 12 000 clients utilisateurs finaux de N_2O, qui sont notamment des cabinets dentaires, des cliniques, des hôpitaux et des laboratoires (Cheminfo Services, 2006). Outre les ventes à l'échelle nationale de N_2O produit au Canada, une partie du N_2O utilisé provient de l'importation. La quantité de N_2O importée a été obtenue par l'étude de Cheminfo de 2006 pour les années 1990 à 1997; par Statistique Canada pour les années 2008 à 2011; et par interpolation linéaire à partir de 2012 en raison des variations dans la désagrégation des données de Statistique Canada.

Parmi toutes les applications possibles du N_2O au Canada, seuls les anesthésiques et les agents propulseurs sont des sources d'émissions de N_2O. L'utilisation d'anesthésiques représente le plus grand type d'utilisation finale du N_2O au Canada et il est présumé qu'aucune quantité de N_2O n'est métabolisée (GIEC, 2006). L'utilisation comme agent propulseur dans des produits alimentaires est le deuxième plus grand type d'utilisation finale au Canada; seules les émissions provenant du N_2O dans la crème fouettée sont considérées comme importantes. Le N_2O ne réagit pas pendant les processus liés aux anesthésiques et aux agents propulseurs. Par conséquent, tout le N_2O utilisé est émis dans l'atmosphère (Cheminfo Services, 2006).

Le N_2O peut également servir à d'autres fins : production d'azoture de sodium (produit chimique qui était employé pour gonfler les coussins de sécurité des automobiles); spectrométrie d'absorption atomique et fabrication de semi-conducteurs. Selon les distributeurs interrogés au cours de l'étude de 2006, environ 82 % de leur volume de ventes de N_2O sert aux applications dentaires et médicales, 15 % à son emploi comme agent propulseur dans la transformation des aliments et seulement 3 % aux autres utilisations (Cheminfo Services, 2006).

Les PFC peuvent être utilisés comme isolant électrique et comme agent réfrigérant diélectrique dans l'utilisation de produits confinés, notamment les systèmes radars à guide d'ondes et les disjoncteurs. Les émissions de PFC se produisent pendant la durée de vie du produit, comme lors de l'assemblage du produit, par de petites fuites ou le fonctionnement normal (pendant que l'équipement est en fonction) et à la fin de vie du produit lors de sa déconstruction ou de son enfouissement.

La catégorie Fabrication et utilisation d'autres produits représentait environ 684 kt (< 0,1 %) des émissions totales du Canada en 2024, soit une hausse de 35 % depuis 2005.

4.8.2. Questions de méthodologie

Émissions de SF_6 des Équipements électriques (catégorie 2.G.1 des TCD)

Une méthode modifiée de Niveau 3 pour estimer les émissions de SF_6 imputables aux équipements électriques des services publics pour l'année 2006 et les suivantes a été utilisée, au lieu de la méthode descendante utilisée précédemment, qui présumait que tout le SF_6 acheté auprès des distributeurs de gaz remplaçait le SF_6 perdu par fuite. Les estimations d'émissions de SF_6 par province pour 2006 et les années suivantes ont été fournies par l'Association canadienne de l'électricité (ACÉ), qui représente les compagnies d'électricité du Canada. Les données sur les émissions soumises par l'ACÉ ont été préparées conformément au *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF_6 pour les services d'électricité* (« le protocole ») (Environnement Canada et l'Association canadienne de l'électricité, 2008). Soulignons que l'ACÉ ne fournit pas de données sur les activités correspondantes. Cependant, la quantification des émissions dans les méthodologies employées est fondée sur la masse de SF_6 injectée dans l'équipement ou contenue dans les bouteilles. L'estimation des émissions annuelles nationales de SF_6 pendant la période 2006-2024 correspond à la somme des estimations de toutes les provinces. Le protocole est le fruit d'une collaboration entre Environnement Canada, l'ACÉ et Hydro-Québec.

En bref, le protocole explique comment la méthode de Niveau 3 modifiée (propre au pays) a été établie à partir de la méthode de Niveau 3 fondée sur le cycle de vie du GIEC. Il y a également les différentes options qui permettent d'estimer les émissions d'après le cycle de vie de l'équipement (soit la quantité totale de SF_6 utilisé pour remplir l'équipement), l'élimination de l'équipement et les émissions dues à des défaillances (c.-à-d. soit la capacité nominale moins la quantité récupérée pour les émissions liées à l'élimination soit simplement la capacité nominale pour les émissions attribuables à des défaillances de l'équipement). L'Annexe 3.3 présente aussi une description plus détaillée de la méthodologie.

L'ACÉ et Hydro-Québec n'ont pu fournir d'estimations pour les années 1990 à 2005, parce que l'application d'une méthode d'inventaire systématique des quantités de SF_6 de ces organisations n'a commencé qu'à partir de l'année de référence 2006. Par conséquent, le recours au protocole n'était pas possible. Des sondages auprès des distributeurs de SF_6 ont été utilisés afin d'obtenir des données relatives à l'utilisation avant d'appliquer le protocole. Pour résoudre ce problème de disponibilité

des données et assurer la cohérence de la série chronologique, une technique de superposition (GIEC, 2006, Volume 1, Chapitre 5) a été appliquée. En l'occurrence, la superposition entre quatre séries d'estimations annuelles (2006–2009) calculées à partir des données des sondages auprès des distributeurs et obtenues en vertu du protocole a été évaluée.

L'estimation des émissions aux échelles provinciales et territoriales est fondée sur les estimations des émissions nationales (obtenues au moyen de la méthode de superposition) et du pourcentage des parts provinciales (selon les données déclarées de 2006 à 2009).

Émissions d'oxyde nitreux attribuables aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a des TCD) et Utilisation comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b des TCD)

Les estimations des émissions de N_2O pour ces catégories sont fondées sur la consommation. Comme il est pratiquement impossible de recueillir des données relatives à la consommation auprès de tous les utilisateurs finaux de N_2O, il est supposé que les ventes au pays et les importations (obtenues directement auprès de Nitrous Oxide of Canada) correspondent à la consommation nationale. L'Équation 8.24 des Lignes directrices 2006 du GIEC a été utilisée pour estimer les émissions de N_2O et couvre plus d'une année civile étant donné que l'offre et l'utilisation sont présumées continues au cours de l'année; par exemple, le N_2O fourni au milieu d'une année civile n'est pas entièrement utilisé avant le milieu de l'année suivante.

Un sondage a été mené auprès du producteur et des distributeurs afin d'obtenir des données relatives aux ventes par segment de marché ainsi que des informations qualitatives permettant d'établir le profil canadien des ventes de N_2O en 2005 par application (Cheminfo Services, 2006). Il est supposé que les profils des ventes de l'année 2006 et des suivantes sont les mêmes que celui de 2005. Les quantités de N_2O vendues à des fins d'anesthésique et d'agent propulseur sont calculées à partir du total du volume des ventes au pays et de leur part respective des ventes.

Pour déterminer les estimations provinciales et territoriales, les estimations à l'échelle nationale ont été réparties en fonction des populations provinciales et territoriales (Statistique Canada, s.d. [d]).

Émissions de PFC attribuables à l'utilisation d'autres produits confinés (catégorie 2.G.4 des TCD)

Les données sur les activités concernant les PFC utilisés dans d'autres produits confinés ont été recueillies de la même manière que pour les PFC utilisés dans les Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (catégorie 2.F des TCD; voir la section 4.7.2). Pendant la série chronologique, le perfluorométhane (CF_4), le perfluoroéthane (C_2F_6) et le perfluorohexane (C_6F_{14}) ont été utilisés comme isolants électriques dans des produits confinés, et le perfluoropropane (C_3F_8) et le C_6F_{14} ont été employés comme agents réfrigérants diélectriques dans des produits confinés.

La méthode de Niveau 1 du GIEC pour d'autres applications confinées de substituts de SAO (GIEC, 2006) est utilisée pour calculer les émissions de PFC attribuables à l'utilisation d'autres produits confinés. Puisqu'aucun coefficient d'émission ne figure dans les Lignes directrices 2006 du GIEC, les coefficients d'émission par défaut des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (2000) ont été utilisés. Il est présumé que le taux de fuite est d'environ 1 % au cours du processus de fabrication et le taux de fuite annuel est de 2 % au cours de la durée de vie de l'équipement de 15 ans (GIEC, 2000). Il est également présumé qu'il n'existe aucun dispositif de récupération ou de recyclage en place et, par conséquent, que la totalité des PFC restants dans les autres produits confinés est rejetée à la fin de la durée de vie. Ces coefficients d'émission sont présentés dans le Tableau A6.3–2 et sont appliqués aux données sur les PFC conformément à l'Équation 7.19 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

4.8.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Émissions d'hexafluorure de soufre des Équipements électriques (catégorie 2.G.1 des TCD)

Une évaluation de l'incertitude de Niveau 1 a été réalisée pour la catégorie des émissions de SF_6 imputables aux équipements électriques. Il convient de noter, cependant, que l'évaluation de l'incertitude ne prend en compte que les données de 2007. L'estimation des émissions dans le présent rapport présenterait un degré d'incertitude beaucoup plus faible. L'incertitude pour cette catégorie a été estimée à ±30,0 %. Selon les années, les sources des données et la méthodologie employée pour estimer les émissions de SF_6 des équipements électriques pourraient varier, comme expliqué dans la section 4.8.2 (Questions de méthodologie).

Émissions d'oxyde de diazote attribuables aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a des TCD) et Utilisation comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b des TCD)

Une évaluation de l'incertitude de Niveau 1 a été effectuée pour les catégories des émissions de N_2O imputables à des applications médicales et à l'utilisation comme agent propulseur en tenant compte des incertitudes associées aux ventes nationales, aux importations, aux profils de ventes et aux coefficients d'émission. L'incertitude pour ces catégories combinées a été évaluée à ±20 %. Il est attendu que l'incertitude pour ce secteur ne varie pas beaucoup d'une année à l'autre, puisque les sources de données et les méthodes utilisées sont demeurées les mêmes.

Émissions de PFC attribuables à l'utilisation d'autres produits confinés (catégorie 2.G.4 des TCD)

Une évaluation de Niveau 1 de l'incertitude a été faite pour la catégorie des émissions de PFC attribuables à l'utilisation d'autres produits confinés. Il est présumé que les incertitudes inhérentes aux données sur les activités des distributeurs de gaz et des installations sont de 2 %, et l'incertitude sur les coefficients d'émission a été évaluée à 50 % (ministère de l'Environnement du Japon, 2009). L'incertitude pour l'année actuelle est de 51 %, et celle de l'année de référence est nulle, car il n'y a eu aucune émission de PFC pour ces applications avant 1995.

En ce qui a trait aux émissions de PFC, la cohérence de la série chronologique a été assurée par les techniques de raccordement décrites dans le Chapitre 5 du Volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Ces techniques comprenaient l'interpolation et l'extrapolation des tendances en l'absence de collecte de données certaines années, tel que décrit dans la section 4.7.2.

4.8.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales de contrôle de la qualité de Niveau 1 et les vérifications décrites à la section 4.1 ont été employées dans cette catégorie.

4.8.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

4.8.6. Améliorations prévues

Émissions d'hexafluorure de soufre des Équipements électriques (catégorie 2.G.1 des TCD)

Comme il est mentionné plus haut, le SF_6 est utilisé comme agent d'isolation et d'extinction dans les équipements de transmission et de distribution de l'électricité. Il est possible de mélanger du SF_6 et du CF_4 pour améliorer la performance de l'équipement par temps froid. Le Canada ne déclare actuellement que les émissions de SF_6 de cette catégorie de source (catégorie 2.G.1 des TCD). Il est prévu de recueillir des données sur les émissions de CF_4 et d'en faire état dans les futurs rapports d'inventaire.

Émissions d'hexafluorure de soufre et de perfluorocarbures provenant de l'Utilisation dans d'autres produits (catégorie 2.G.2 des TCD)

Cette catégorie est une catégorie fourre-tout pour les utilisations de SF_6 et de PFC dans des produits qui ne sont pas compris dans les autres catégories des TCD, et est actuellement déclarée « NE » dans le logiciel CRT Reporter. Les données historiques sur les ventes recueillies par des enquêtes à participation volontaire auprès des fournisseurs de gaz indiquent que le SF_6 et les PFC sont utilisés pour des applications mentionnées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (section 8.3 du Volume 3).

Dans une recommandation de l'EEET issue de l'examen national mené en 2025, il était suggéré d'évaluer l'importance de la catégorie selon une méthode descendante utilisant, par exemple, des données d'importation et exportation. Ainsi, un sondage à participation volontaire visant à recueillir des données est prévu.

Émissions d'oxyde de diazote attribuables aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a des TCD) et Utilisation comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b des TCD)

Il est prévu de valider le profil canadien actuel des ventes de N_2O par application et, au besoin, de le mettre à jour pour estimer plus exactement les émissions de N_2O dans les catégories 2.G.3.a et 2.G.3.b des TCD.

Émissions de PFC attribuables à l'utilisation d'autres produits confinés (catégorie 2.G.4 des TCD)

Cette catégorie est propre au pays. Dans un commentaire émis lors de l'examen national mené en 2025, il était recommandé que toutes les données sur les activités de cette catégorie soient réparties dans d'autres catégories pour améliorer la comparabilité de l'inventaire. Les anciennes sources de données sont examinées afin de s'assurer que les émissions estimatives sont réattribuées aux bonnes catégories.

CHAPITRE 5

AGRICULTURE (SECTEUR 3 DES TCD)

5.1.	Aperçu	185
5.2.	Fermentation entérique (catégorie 3.A des TCD)	188
5.3.	Gestion des fumiers (catégorie 3.B des TCD)	190
5.4.	Émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles (catégorie 3.D des TCD)	196
5.5.	Émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F des TCD)	206
5.6.	Émissions de CO_2 attribuables au chaulage (catégorie 3.G des TCD)	207
5.7.	Émissions de CO_2 attribuables à l'application d'urée (catégorie 3.H des TCD)	208

5.1. Aperçu

Les émissions du secteur de l'Agriculture ont représenté 7 % des émissions totales de gaz à effet de serre (GES) du Canada de 1990 à 2020, année où elles ont augmenté à 8 % jusqu'en 2024, en raison d'une baisse des émissions d'autres secteurs, alors que les émissions agricoles sont restées constantes. Les émissions de ce secteur ont augmenté de 32 % entre 1990 et 2024. Les catégories de sources d'émissions du secteur de l'Agriculture comprennent la Fermentation entérique (méthane [CH_4]) et la Gestion des fumiers (oxyde nitreux [N_2O] et CH_4), pour les émissions associées à la production animale, et les Sols agricoles (N_2O) et l'Incinération des résidus agricoles dans les champs (CH_4 et N_2O), pour les émissions associées à la production agricole. Les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) provenant du chaulage et de l'application d'urée sont déclarées dans le secteur de l'Agriculture; toutefois, les émissions et les absorptions de CO_2 par les terres agricoles sont comprises dans la catégorie des Terres cultivées du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) (voir le Chapitre 6). Les émissions de GES imputables à l'utilisation de combustibles à la ferme sont déclarées dans le secteur de l'Énergie (Chapitre 3).

Le secteur canadien de l'Agriculture est dominé par la production de bovins de boucherie (catégorie des Bovins non laitiers), de porcs, de céréales et d'oléagineux. Les industries avicole et laitière y occupent également une place considérable. Les élevages de moutons sont très localisés et petits comparativement à la production de bovins, de porcs, de vaches laitières et de volailles. D'autres animaux d'élevage, comme les bisons[1], les lamas, les alpagas, les chevaux, les chèvres, les wapitis, les cerfs, les sangliers, les renards, les visons, les lapins ainsi que les mules et les ânes, sont produits à des fins commerciales, mais il s'agit de petites productions.

Les pratiques agricoles varient selon les régions au Canada, pour des raisons historiques et climatiques. Environ 75 % des bovins de boucherie et plus de 90 % du blé, de l'orge et du canola sont produits dans les Prairies, une écozone semi-aride à subhumide, alors qu'environ 75 % des bovins laitiers, 60 % des porcs et de la volaille et plus de 75 % du maïs et du soja sont produits dans la zone humide de l'écozone des Plaines à forêts mixtes de l'est du Canada.

En 1990, le Canada comptait 10,5 millions de bovins de boucherie, 1,4 million de bovins laitiers, 10 millions de porcs et 101 millions de volailles. En 2005, les cheptels de bovins de boucherie et de porcs ont atteint un sommet de 15 millions d'animaux chacun.

Le cheptel bovin a diminué à 11 millions de têtes depuis 2005, tandis que le cheptel porcin a diminué à 12,5 millions de têtes en 2010, a rebondi à 14 millions de têtes en 2016 et est resté stable depuis. Depuis 1990, le cheptel de volaille a augmenté pour atteindre 154 millions de têtes avant 2016, puis a diminué à 151 millions avant 2024, tandis que le cheptel de vaches laitières a diminué jusqu'à récemment et a connu des fluctuations, avant de se stabiliser à un peu moins de 1 million de têtes en 2024.

Les pratiques culturales ont changé au Canada au fil des ans. La production de canola a augmenté d'un facteur de près de 6, passant de 3,3 Mt en 1990 à 19 Mt en 2024. La production de maïs-grain a à peu près doublé, passant de 7 Mt à 15 Mt, tandis que celle du soja a quintuplé, passant de 1,3 Mt à 7 Mt. Entre 1990 et 2002, la production de blé a diminué de façon marquée, passant de 32 Mt à 16 Mt, mais a augmenté à nouveau dans les dernières années et varie généralement entre 20 Mt et 35 Mt. Étant donné les changements touchant la production agricole, l'utilisation d'engrais azotés (N) inorganiques a pratiquement triplé, passant de 1,2 Mt en 1990 à 3,2 Mt en 2024, alors que la superficie des terres visées par des pratiques de conservation du sol a augmenté de 17 millions d'hectares (Mha).

1 Dans les Tableaux communs de déclaration (TCD), les émissions des bisons sont déclarées dans la catégorie « Buffles » du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) utilisée au Canada, bien que l'espèce dont il est question soit le bison d'Amérique (*Bison bison*) qui est élevé pour la production de viande à l'aide de méthodes semblables à celles utilisées pour l'élevage des bovins. Dans le texte du Rapport d'inventaire national (RIN), cette catégorie de bétail sera appelée Bisons.

En raison de tous ces changements dans le bétail et la production agricole, les émissions totales de GES du secteur de l'Agriculture au Canada sont passées de 43 Mt en 1990 à 56 Mt en 2024 (Tableau 5–1)[2]. Cette hausse de 32 % est principalement attribuable aux émissions associées à l'utilisation accrue d'engrais azotés inorganiques (augmentation de 168 % des expéditions de N), à l'augmentation des cheptels de porcs (37 %) et à une modification du poids des animaux, de leur alimentation et des pratiques relatives à la gestion des fumiers dans les industries bovine, laitière et porcine.

Les émissions de CH_4 attribuables aux animaux d'élevage sont passées de 28 Mt en 1990 à 31 Mt en 2024, les estimations moyennes se situant dans une plage d'incertitude de -6 % à +20 %. Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2024, les émissions moyennes de CH_4 sont estimées avoir augmenté de 3,0 Mt, soit de 11 %, la plage d'incertitude se situant entre -10 % et +17 %. Les émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles et aux animaux d'élevage sont passées de 13 Mt en 1990 à 22 Mt en 2024, les estimations moyennes se situant dans une plage d'incertitude d'environ -27 % à +29 %. Au cours de la série chronologique, les émissions moyennes de N_2O ont augmenté de 8,5 Mt, soit de 63 %.

Tableau 5–1 **Aperçu des émissions de GES provenant du secteur de l'Agriculture, certaines années**

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
		1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Agriculture – TOTAL[a]		**43 000**	**57 000**	**55 000**	**57 000**	**56 000**	**56 000**	**55 000**	**56 000**
Fermentation entérique 3.A (CH_4)		**25 000**	**35 000**	**27 000**	**27 000**	**27 000**	**27 000**	**26 000**	**26 000**
Bovins laitiers 3.B.1.a		4 400	3 600	3 900	3 900	4 000	4 000	3 900	4 000
Bovins de boucherie[b] 3.A.1.b		20 000	29 000	22 000	22 000	22 000	22 000	21 000	21 000
Autres[c] 3.A.2-4		820	1 500	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Gestion des fumiers 3.B		**6 200**	**9 000**	**8 300**	**8 300**	**8 300**	**8 200**	**8 100**	**8 200**
Bovins laitiers 3.B.1.a	CH_4	510	800	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100
	N_2O	460	310	240	240	240	240	230	230
Bovins de boucherie[b] 3.B.1.b	CH_4	920	1 400	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100
	N_2O	1 700	2 600	2 100	2 100	2 100	2 100	2 000	2 000
Porcs 3.B.3	CH_4	1 300	2 300	2 200	2 300	2 300	2 200	2 200	2 300
	N_2O	90	60	50	50	50	40	40	50
Volaille 3.B.4.g	CH_4	180	220	220	220	220	220	220	220
	N_2O	380	480	530	520	510	510	510	510
Autres[d] 3.B.4	CH_4	40	60	40	40	40	40	40	40
	N_2O	80	150	100	100	90	90	90	90
Source indirecte 3.B.5	N_2O	520	640	540	540	530	530	530	530
Sols agricoles (N_2O) 3.D		**10 000**	**12 000**	**17 000**	**18 000**	**17 000**	**18 000**	**18 000**	**18 000**
Sources directes 3.D.1		7 900	9 000	13 000	14 000	13 000	14 000	14 000	15 000
Engrais azotés synthétiques 3.D.1.a		3 900	4 700	8 100	9 100	9 000	8 600	9 300	9 700
Engrais azotés organiques 3.D.1.b		1 000	1 300	1 300	1 300	1 300	1 300	1 300	1 300
Décomposition des résidus de culture 3.D.1.d		2 200	2 700	3 800	3 900	3 100	3 800	3 700	3 900
Travail des sols organiques 3.D.1.f		220	220	220	220	220	220	220	220
Minéralisation du carbone de la matière organique du sol 3.D.1.e		230	290	500	690	680	1 300	420	530
Conservation du sol[e,f] 3.D.1		-360	-1 000	-2 200	-2 300	-2 100	-2 200	-2 200	-2 500
Irrigation[f] 3.D.1.		490	690	1 100	1 200	1 000	1 100	1 100	1 200
Urine et fumier laissés au sol par les animaux au pâturage 3.D.1.c		200	230	180	170	170	170	170	170
Sources indirectes 3.D.2		2 300	2 700	3 500	3 700	3 500	3 600	3 700	3 800
Incinération des résidus agricoles dans les champs (CH_4 et N_2O) 3.F		**240**	**50**	**50**	**60**	**40**	**50**	**50**	**50**
Application de chaux et d'urée (CO_2) 3.G		**1 200**	**1 400**	**2 700**	**3 000**	**3 100**	**2 800**	**3 100**	**3 400**

Notes :
a. Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
b. Les « bovins de boucherie » comprennent les génisses laitières. Cette catégorie correspond à celle des « bovins non laitiers » dans les tableaux des TCD.
c. Comprend : bisons, chèvres, chevaux, agneaux, lamas/alpagas, porcs, chevreuils/wapitis, sangliers.
d. Comprend : bisons, chèvres, chevaux, agneaux (TCD - 3.B.2), lamas/alpagas, renards, visons, lapins, chevreuils/wapitis, sangliers.
e. Les valeurs négatives indiquent une réduction des émissions de N_2O grâce à l'adoption de méthodes de conservation du sol.
f. S'applique à toutes les sous-catégories 3.D.1 des TCD résultant de l'application d'engrais azoté ou de la minéralisation de l'azote organique dans les terres cultivées, sauf les pâturages et les sols organiques.

2 Sauf indication contraire explicite, toutes les estimations d'émissions exprimées en Mt représentent des émissions de GES en Mt d'éq. CO_2.

Les émissions du secteur de l'Agriculture ont atteint un sommet en 2005, puis ont diminué à 50 Mt en 2011, la diminution des émissions étant attribuable à la baisse des populations d'animaux dans la production de bétail (voir les catégories de sources Fermentation entérique et Gestion des fumiers, Tableau 5–1). Depuis 2011, les populations d'animaux d'élevage se sont stabilisées alors que les émissions associées à l'utilisation d'engrais ont augmenté et que la proportion des superficies consacrées aux cultures pérennes a diminué. Ces tendances, combinées à une production agricole élevée au cours des dernières années, ont fait augmenter les émissions par rapport à celles, plus faibles, de 2011, s'élevant ainsi à 56 Mt en 2024.

Dans la soumission actuelle, les émissions de 1990 ont été révisées de +0,23 Mt; les émissions de 2005, de +0,51 Mt; et les émissions de 2023, de 0,28 Mt par rapport à la soumission précédente, ce qui représente des recalculs respectifs de +0,53 %, +0,09 %, et -0,50 % (Tableau 5–2).

Les recalculs découlent de ce qui suit : i) une méthode actualisée estimant les facteurs de conversion du méthane (FCM) du lisier des bovins laitiers et des porcs; ii) la prise en compte d'une impureté de 5 % de calcaire et de dolomite, ainsi que (iii) une méthode corrigée servant à calculer la quantité de C des résidus de culture sur les Terres cultivées, qui a donné de nouvelles estimations de N_2O liées à la perte de carbone organique du sol (COS). Se référer au Tableau 5–2, au Tableau 5–3 et à l'Annexe 3.4 pour de plus amples renseignements sur les recalculs et les révisions apportées à la méthodologie.

Il n'existe aucune production de riz au Canada; les émissions de CH_4 y sont donc inexistantes. Le brûlage dirigé des savanes n'est pas une pratique utilisée au Canada.

Le présent chapitre offre une brève présentation de chaque catégorie de sources d'émissions, de même qu'une courte description des questions de méthodologie, du degré d'incertitude et de la cohérence de la série chronologique, des procédures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et de vérification, des recalculs et des améliorations prévues. La méthodologie détaillée et les sources des données sur les activités de l'inventaire sont décrites à l'Annexe 3.4.

Tableau 5–2 **Sommaire des recalculs pour le secteur de l'Agriculture, certaines années**

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
		1990	2005	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agriculture									
Soumission précédente (RIN 2025)		42 541	56 286	54 146	54 287	55 986	55 109	55 912	55 150
Soumission actuelle (RIN 2026)		42 767	56 793	54 804	54 911	56 682	55 787	56 183	55 429
Changement dans les émissions	kt d'éq. CO_2	225	508	658	625	697	678	271	280
	%	0,53	0,89	1,20	1,14	1,23	1,22	0,48	0,50
Gestion des fumiers 3.B [a]									
Soumission précédente (RIN 2025)		2 757	4 377	4 320	4 341	4 340	4 381	4 340	4 307
Soumission actuelle (RIN 2026)		2 971	4 771	4 715	4 739	4 769	4 810	4 757	4 717
Changement dans les émissions	kt d'éq. CO_2	214	394	395	398	429	429	417	410
	%	7,20	8,26	8,38	8,39	8,99	8,91	8,76	8,70
Sols agricoles 3.D.1									
Soumission précédente (RIN 2025)		198	170	179	265	409	421	1 438	542
Soumission actuelle (RIN 2026)		228	292	450	500	685	679	1 301	420
Changement dans les émissions	kt d'éq. CO_2	30	122	271	235	276	258	-137	-122
	%	13,16	41,78	60,22	47,00	40,29	38,00	-10,53	-29,05
Chaulage – Émissions de CO_2 3.G.									
Soumission précédente (RIN 2025)		1 191	1 421	2 597	2 678	3 037	3 117	2 857	3 091
Soumission actuelle (RIN 2026)		1 171	1 412	2 588	2 670	3 028	3 109	2 848	3 082
Changement dans les émissions	kt d'éq. CO_2	-20	-9	-9	-8	-9	-8	-9	-9
	%	-1,71	-0,64	-0,35	-0,30	-0,30	-0,26	-0,32	-0,29

Note :
Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau 5–3 **Sommaire qualitatif des révisions des méthodologies, des corrections et des améliorations apportées au rapport du Canada pour 2026**

Correction ou amélioration	Catégories de recalcul visées	Années visées
Mise à jour de la méthode servant à estimer les facteurs de conversion du méthane en ce qui a trait aux systèmes de gestion du fumier liquide des bovins laitiers et des porcs	Gestion des fumiers – Émissions de CH_4	Toute la série chronologique
Inclusion d'une teneur en impuretés de 5 % dans le calcaire et la dolomite appliqués aux sols agricoles	Sols agricoles – Émissions de CO_2 dues au chaulage	Toute la série chronologique
Correction méthodologique apportée au stockage du carbone estimé dans la catégorie des Terres cultivées du secteur ATCATF, qui a modifié les émissions de N_2O imputables aux pertes de carbone organique du sol des sols agricoles	Sols agricoles – Émissions directes de N_2O	Toute la série chronologique

5.2. Fermentation entérique (catégorie 3.A des TCD)

5.2.1. Description de la catégorie

Le méthane (CH_4) est produit durant la fermentation entérique, soit le processus normal de digestion des herbivores, y compris ceux faisant l'objet d'un élevage. Les micro-organismes du tractus gastro-intestinal décomposent les glucides et les protéines en molécules simples que l'animal peut absorber, le CH_4 étant un sous-produit de la fermentation. Ce processus aboutit à une accumulation de CH_4 dans le rumen, qui est ensuite rejeté par éructation et expiration. Une partie du CH_4 est rejetée ultérieurement durant le processus de digestion sous forme de flatulences, mais cette portion représente moins de 5 % des émissions totales. Les gros ruminants, dont les bovins, sont les animaux qui génèrent le plus de CH_4.

Au Canada, l'élevage d'animaux varie d'une région à l'autre. Dans l'ouest du Canada, la production bovine domine, alliant des systèmes d'élevage intensif où une densité élevée d'animaux est engraissée dans des parcs d'engraissement, et des systèmes de pâturage de faible densité de type ranch pour des exploitations de naissage. La majorité de la production laitière se fait dans l'est du Canada dans des installations présentant un niveau de production élevé et une grande densité d'animaux. De plus, l'élevage d'animaux s'est intensifié de façon importante depuis 1990, ce qui a eu une incidence à la fois sur la production laitière et sur les méthodes de gestion. L'est du Canada est aussi associé à des installations de production porcine intensive ayant une grande densité d'animaux. Au cours des 20 dernières années, la production porcine s'est déplacée dans l'ouest du Canada. D'autres animaux qui produisent du CH_4 par fermentation entérique, notamment les bisons, les chèvres, les chevaux, les lamas et les alpagas, les cerfs et les wapitis, les sangliers et les moutons, sont élevés en tant que bétail, mais les populations de ces animaux sont généralement faibles. Au Canada, plus de 95 % des émissions de la catégorie Fermentation entérique proviennent des bovins.

5.2.2. Questions de méthodologie

La diversité des systèmes d'élevage et les différences régionales sur le plan des installations de production compliquent l'estimation des émissions. Pour chaque catégorie et sous-catégorie d'animaux, les émissions de CH_4 sont calculées par province en multipliant la population animale de la catégorie ou sous-catégorie d'animaux donnée par son coefficient d'émission à l'échelle régionale.

Pour les bovins, les coefficients d'émission de CH_4 sont estimés au moyen de la méthode d'estimation de Niveau 2 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), selon les équations fournies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Une étude nationale de Boadi et al. (2004) a ventilé les sous-catégories de bovins en stades de production de moins d'un an, par province, et a établi leur état physiologique, leur régime alimentaire, leur classe d'âge, leur sexe, leur poids, leur taux de gain de poids, leur niveau d'activité et leur environnement de production. Ces données ont été intégrées aux équations de Niveau 2 du GIEC pour établir des coefficients d'émission pour chaque sous-catégorie d'animaux en prenant en compte les pratiques de production provinciales. Les données décrivant chacun des stades de production ont été obtenues par consultation de spécialistes des bovins de boucherie et des bovins laitiers dans tout le pays.

Dans le cas des bovins laitiers, la classification des sous-catégories de base élaborée par Boadi et al. (2004) était exacte pour le milieu des années 2000 au moment où les données ont été intégrées au modèle de Niveau 2. Toutefois, il a été reconnu que certains paramètres de la production laitière ne sont pas demeurés stables au fil du temps, de sorte qu'ils pourraient avoir des répercussions sur l'ensemble des aspects liés aux émissions du secteur laitier. D'autres travaux ont été menés et pris en compte dans l'analyse de l'inventaire réalisée en 2018 afin d'améliorer les estimations de certains paramètres de Niveau 2 pour les bovins laitiers et de créer une série chronologique qui reflète mieux les changements de pratiques en matière de production laitière. L'augmentation de la production laitière associée à une meilleure génétique ainsi qu'à des aliments de meilleure qualité et mieux distribuée aux troupeaux de bovins laitiers au cours de la période de 1990 à 2024 s'est traduite par un accroissement de 24 % des émissions de CH_4 pour cette catégorie d'animaux. À mesure que croît la production laitière, la quantité d'énergie nécessaire à la lactation (EN_l) augmente et requiert une plus grande consommation d'aliments.

Chez les bovins de boucherie, les changements de poids corporel à la maturité influent sur l'énergie nécessaire au maintien et à la croissance (EN_m et EN_g), et donc, sur la consommation d'aliments. De 1990 à 2003, les races de bovins de grande taille sont devenues populaires, ce qui a eu pour effet d'augmenter de 7,4 % les coefficients d'émission durant cette période. Depuis, le poids des bovins de boucherie est demeuré relativement stable, alors que celui des animaux destinés à l'abattage a continué d'augmenter, à un taux plus faible. Les coefficients d'émission ont depuis diminué en raison de facteurs combinés, soit la stabilisation du poids des bovins et un changement dans la répartition des populations entre les sous-catégories de bovins. Depuis 2005, les populations de vaches de boucherie et de génisses de remplacement ont diminué considérablement, alors que les populations d'animaux en engraissement (génisses et bouvillons destinés à l'abattage) sont demeurées constantes. Ainsi, la proportion d'animaux en cours d'engraissement dans le troupeau national a augmenté de 17 % à 20 %. Puisque les animaux en cours d'engraissement présentent un coefficient d'émission plus faible, le coefficient d'émission général pour la catégorie des bovins non laitiers a diminué par rapport à son niveau le plus haut, qui a été atteint en 2005.

Pour les espèces non bovines, les émissions de CH_4 imputables à la fermentation entérique sont encore estimées à l'aide de la méthode de Niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006). Les catégories volailles, lapins et animaux à fourrure sont exclues des estimations de la Fermentation entérique, faute de coefficients d'émission à l'heure actuelle.

Les données sur les activités, qui consistent en des données sur les populations d'animaux pour chaque catégorie et sous-catégorie, par province, ont été obtenues de Statistique Canada (Annexe 3.4, Tableau A3.4–1). Elles sont basées sur le recensement de l'agriculture, qui est effectué tous les cinq ans et mis à jour annuellement au moyen de sondages semestriels ou trimestriels sur les bovins, les porcs et les moutons.

5.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une analyse d'incertitude de la méthode a été réalisée pour estimer les émissions de CH_4 de sources agricoles à l'aide de la méthode de Monte-Carlo. Cette analyse tenait compte du degré d'incertitude dans les paramètres définis dans Boadi et al. (2004) qui sont utilisés dans les équations de la méthode de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006). Les détails de cette analyse se trouvent à la section A3.4.2.4. Les distributions des incertitudes pour les paramètres concernés ont été tirées de Karimi-Zindashty et al. (2012), mais certains paramètres supplémentaires et mises à jour ont été inclus dans cette analyse. Pour 2024, les plages d'incertitude de l'analyse de 2012 ont été appliquées aux nouvelles estimations des émissions. Une analyse de l'incertitude du modèle d'émissions en lien avec les bovins laitiers mis à jour reste à faire; les estimations de l'incertitude figurant dans le présent rapport sont basées sur la méthode de Boadi et al. (2004).

Les plages d'incertitude des émissions de CH_4 attribuables à la catégorie de la Fermentation entérique étaient semblables de 1990 à 2024, et la moyenne des estimations en 2024 se situait dans une plage d'incertitude de -14 % à +17 % (Tableau 5–4). Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2024, il est estimé que la moyenne des émissions a augmenté de 1,4 Mt, soit une hausse de 5,4 %. L'augmentation se situait dans une plage d'incertitude de +4,4 % à +13 %.

L'incertitude relative aux émissions était principalement due au calcul du coefficient d'émission. Dans le cas des bovins non laitiers, la plage d'incertitude entourant le calcul des coefficients d'émission de Niveau 2 constituait le plus grand facteur d'incertitude. Les calculs de l'incertitude relative aux émissions et aux coefficients d'émission étaient les plus sensibles à l'utilisation des paramètres par défaut du GIEC (GIEC, 2006) dans la méthodologie de calcul de Niveau 2, en particulier le taux de conversion du CH_4 (Y_m) et le coefficient associé à l'estimation de l'énergie nette de maintien (Cf_i) (Karimi-Zindashty et al., 2012).

La méthode et les paramètres utilisés pour le calcul des coefficients d'émission sont cohérents dans l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024), sauf en ce qui a trait à la production de lait pour les vaches laitières. La série chronologique de la production laitière de 1990 à 1998 se veut estimative. Au Canada, il existe deux ensembles de données sur la production laitière : 1) des registres publiables représentant les données de production pour les animaux d'élite génétique du cheptel canadien de 1990 à maintenant et 2) des registres de gestion qui présentent une estimation plus exacte de la production du cheptel laitier canadien de 1999 à aujourd'hui. La production laitière réelle de la totalité du cheptel canadien de 1990 à 1998 a été calculée d'après le rapport moyen entre les données publiables et les données de gestion de 1999 à 2007.

Tableau 5–4 **Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique**

Catégorie de bétail	Source de l'incertitude		Valeur moyenne[a, b]	Probabilité de 2,5 %[b]	Probabilité de 97,5 %[b]
Bovins laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		966	915 (-5,2 %)	1 017 (+5,2 %)
	Coefficient d'émission de Niveau 2 (kg/tête/an)		147	126 (-15 %)	176 (+19 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		4,0	3,3 (-16 %)	4,8 (+20 %)
Bovins non laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		10 497	10 296 (-1,9 %)	10 710 (+2,0 %)
	Coefficient d'émission de Niveau 2 (kg/tête/an)		72	61 (-15 %)	85 (+18 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		21	18 (-16 %)	26 (+21 %)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		1,2	0,97 (-18 %)	1,4 (+18 %)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO_2)	1990	25	21 (-16 %)	30 (+21 %)
		2024	26	23 (-14 %)	31 (+17 %)
	Tendance	1990–2024	1,4 (+5,4 %)	0,99 (+4,4 %)	2,8 (+13 %)

Notes :
a. Valeur moyenne tirée de la base de données, à l'exception des données sous « Tendance », qui représentent la différence entre 1990 et 2024.
b. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne, à l'exception des données à la ligne « Tendance », où les valeurs entre parenthèses représentent la variation en pourcentage de 1990 à 2024.

5.2.4. AQ/CQ et vérification

La Fermentation entérique, en tant que principale catégorie, a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1) conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). De plus, les données sur les activités, les méthodes et les changements sont illustrées et archivées en format électronique. Les coefficients d'émission de Niveau 2 du GIEC au sujet des bovins, tirés de Boadi et al. (2004), ont été révisés par des experts indépendants (McAllister et Basarab, 2004).

Les contrôles de la qualité de Niveau 2 réalisés à l'interne en 2010 et en 2011 comprenaient une révision complète et un remaniement de la méthode de calcul et des données d'entrée, ainsi qu'un examen et une compilation des études canadiennes sur le processus de fermentation entérique (MacDonald et Liang, 2011). L'analyse de littérature suggère qu'aucun biais particulier ne peut être clairement identifié dans l'estimation des émissions de la fermentation entérique. Sur la base des analyses de sensibilité réalisées dans le cadre de l'analyse des incertitudes et de la revue de la littérature, les améliorations au modèle des bovins exigent que des paramètres propres au pays, qui tiennent compte des effets des pratiques régionales de gestion sur les émissions, soient établis en remplaçant les valeurs par défaut du GIEC (GIEC, 2006) utilisées dans le modèle des émissions, comme il a été fait pour la catégorie Bovins laitiers. Des précisions à ce sujet se trouvent à l'Annexe 3.4. Une étude d'assurance qualité descendante a été réalisée à l'aide d'une technologie des flux à partir des données d'aéronefs recueillies à basse altitude (Desjardins et al., 2018). Malgré la difficulté à rapprocher les estimations de la méthode descendante avec les estimations de la méthode ascendante, ceci en raison des difficultés à différencier les émissions de CH_4 du secteur agricole des émissions des milieux humides, les estimations issues de la méthode descendante concordaient avec celles établies par la méthode ascendante dans les régions où les émissions des milieux humides étaient minimes.

5.2.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.2.6. Améliorations prévues

En général, la méthode de calcul des émissions de la fermentation entérique s'avère robuste; les améliorations dépendent surtout de la capacité de recueillir des données plus complètes sur la composition du régime alimentaire des animaux, ce qui aidera à l'établissement de paramètres propres aux diverses sous-catégories d'animaux selon les régions du Canada. Les renseignements sur l'alimentation des bovins laitiers sont actuellement traités afin de mettre à jour les séries chronologiques des changements apportés à l'alimentation des bovins laitiers au cours des dernières années.

Une étude a été menée auprès d'experts canadiens de l'industrie du bœuf en vue d'actualiser et d'améliorer le modèle de production bovine, et ce, pour caractériser la variabilité des stratégies de gestion des animaux dans différentes régions du Canada. Toutefois, pour l'instant, aucun plan n'a été mis en place pour modifier la méthode de calcul des émissions.

5.3. Gestion des fumiers (catégorie 3.B des TCD)

Au Canada, les systèmes de gestion des déchets animaux (SGDA) habituellement utilisés dans l'élevage d'animaux sont 1) le stockage des liquides, 2) le stockage du fumier solide et du fumier sec et 3) les pâturages et enclos. Les SGDA comprennent aussi, dans une moindre mesure, d'autres méthodes comme le compostage et les biodigesteurs. Aucun fumier n'est brûlé comme combustible.

La manutention et le stockage des fumiers libèrent du CH_4 et du N_2O. L'ampleur des émissions dépend de la quantité de fumier manipulée, de ses propriétés et du type de SGDA utilisé. En général, les SGDA anaérobie ou à faible aération émettent beaucoup de CH_4, mais relativement peu de N_2O, alors que les systèmes bien aérés (aérobie) émettent beaucoup de N_2O et relativement peu de CH_4.

Les pratiques de gestion des fumiers varient d'une région et d'une catégorie d'animaux à l'autre, et au fil du temps. Au Canada, la plupart des élevages laitiers, avicoles et porcins ont lieu dans des installations d'élevage modernes comptant une grande densité d'animaux. Depuis 1990, l'industrie laitière a modifié ses pratiques d'entreposage du fumier : de grandes installations dotées de systèmes de lisier (fumier liquide) ont remplacé les petites installations équipées de systèmes de fumier solide. L'industrie porcine produit de grandes quantités de lisier, de sorte qu'une utilisation accrue des systèmes de gestion du lisier a été observée dans la production porcine depuis 1990, tandis que le fumier provenant de l'élevage avicole est principalement utilisé sous forme solide. Les fumiers de porcs et de volailles sont répandus sur des portions de terre limitées. L'élevage de bovins dans des parcs d'engraissement génère de grands volumes de fumier sous forme sèche, tandis que les systèmes d'élevage en pâturage de faible densité pour les bovins génèrent un fumier largement dispersé dans les pâturages et les enclos. D'autres animaux, tels que les bisons, les chèvres, les chevaux, les lamas, les alpagas, les cerfs, les wapitis, les sangliers, les moutons ainsi que les mules et les ânes, sont généralement élevés dans des pâturages ou des installations de densité moyenne produisant principalement du fumier solide. Les animaux à fourrure produisent également du fumier solide.

5.3.1. Émissions de CH_4 imputables à la gestion des fumiers (catégorie 3.B [a] des TCD)

5.3.1.1. Description de la catégorie

Le processus de décomposition du fumier commence peu après son excrétion. Dans des conditions bien aérées, la décomposition est un procédé d'oxydation produisant du CO_2. Cependant, s'il y a peu d'oxygène, le carbone est réduit, ce qui entraîne la production de CH_4. La quantité de CH_4 produit varie en fonction des caractéristiques du fumier et du type de SGDA. Les caractéristiques du fumier sont quant à elles liées aux catégories d'animaux et à leur alimentation.

5.3.1.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CH_4 imputables à la catégorie Gestion des fumiers sont calculées pour chaque catégorie et sous-catégorie d'animaux en multipliant la population par le coefficient d'émission correspondant (pour plus de détails sur la méthodologie, voir l'Annexe 3.4). Les données sur les cheptels sont les mêmes que celles qui ont servi à estimer les émissions imputables à la catégorie Fermentation entérique (voir la section 5.2.2). Les coefficients d'émission de CH_4 de la Gestion des fumiers sont estimés à l'aide de la méthode de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006; 2019).

Les paramètres de Niveau 2 sont tirés des consultations d'experts décrites dans Boadi et al. (2004) et Marinier et al. (2004, 2005), ou des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Pour les bovins laitiers et les bovins de boucherie, le modèle de production animale de Niveau 2 de Boadi et al. (2004) sert à calculer la consommation d'énergie brute (EB). Cependant, pour les bovins laitiers et les porcs, certains paramètres du modèle ont été remplacés par des valeurs actualisées pour mieux rendre compte des tendances liées aux pratiques en matière d'alimentation ou au poids des bêtes, comme le décrit l'Annexe 3.4. Pour les bovins laitiers, la digestibilité (ED) des aliments est adaptée à l'alimentation des animaux et, pour les porcs, les solides volatils excrétés dans le fumier sont ajustés d'après les tendances liées au poids et au taux de croissance. La quantité de solides volatils (SV) a été estimée au moyen de l'Équation 10.23 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et de l'équation de la teneur en cendres des fumiers de Marinier et al. (2004). Pour tous les autres animaux, les SV de Marinier et al. (2004) sont utilisés d'après la teneur en cendres et l'énergie digestible fournies par des consultations d'experts. Les coefficients d'énergie urinaire (EU) ont été appliqués selon les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). La quantité de SV pour les porcs a été corrigée en fonction de la masse animale, comme indiqué à l'Annexe 3.4. Dans le cas des catégories des moutons et de la volaille, des paramètres différents sont utilisés pour les sous-catégories d'animaux en fonction de la taille des agneaux et des moutons adultes, ainsi que des dindons, des poulets à griller et des poules pondeuses de la catégorie des volailles.

Les coefficients d'émission ont été établis en tenant compte du potentiel de production maximale de CH_4 (B_0), des facteurs de conversion de CH_4 (FCM) et de la proportion de fumier traité par les SGDA. Pour les catégories d'espèces animales majeures autres que les bovins laitiers et les porcs, les FCM sont tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et la proportion de fumier traité par les SGDA provient de Marinier et al. (2005) pour chaque province; tous deux tiennent compte des différences régionales en ce qui a trait aux pratiques d'élevage et aux systèmes d'entreposage du fumier. Dans le cas des porcs et des bovins laitiers, des séries chronologiques relatives au système d'entreposage du fumier par région ont été établies selon la Révision 2019 des Lignes directrices du GIEC 2006 (GIEC, 2006; 2019) ainsi que les hypothèses de Hung et al. (2022) et d'Ewen et al. (2025), et ce, avec et sans croûte et couverture. Les valeurs régionales des FCM ont été attribuées aux sous-systèmes de gestion des déchets animaux, et un FCM pondéré a été calculé pour chaque SGDA en fonction de la proportion de fumier traité par chaque sous-système. Pour les espèces animales mineures (les animaux à fourrure, les lapins, les cerfs et wapitis, les mules et les ânes), des coefficients d'émission de Niveau 1 ont été appliqués. La section A3.4.3.3 présente une description plus approfondie du calcul de la répartition proportionnelle des systèmes d'entreposage du fumier.

L'augmentation des coefficients d'émission pour les bovins de 1990 à 2024 (voir la section A3.4.3) indique un apport énergétique brut supérieur pour les bovins laitiers en raison de changements dans l'alimentation, de caractéristiques propres au cheptel et d'une production laitière accrue. Plus important encore, les coefficients d'émission pour cette catégorie d'animaux reflètent des tendances liées aux pratiques d'entreposage de fumiers, principalement le passage de systèmes de fumier solide à des systèmes de fumier liquide. Pour les bovins non laitiers, les changements sont attribuables à une modification du poids vif (voir la section 5.2.2). La modification des coefficients d'émission propres aux porcs (voir la section A3.4.3.6) pour les truies est liée au transfert de la production porcine de l'Est vers l'Ouest canadien et, dans le cas des porcs en croissance, elle découle de l'augmentation des taux de croissance et du poids final des carcasses.

5.3.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude des émissions de CH_4 de sources agricoles, faite à l'aide de la méthode de Monte-Carlo, prenait en compte les émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers. Cette analyse recourait à des paramètres estimés et à des distributions d'incertitudes tirées de Marinier et al. (2004) accompagnées d'informations provenant de Karimi-Zindashty et al. (2012), de même qu'à des paramètres supplémentaires mis à jour et propres à l'analyse. Les détails de cette analyse se trouvent à la section A3.4.3.8.

Les estimations d'émission de CH_4 dues à la gestion des fumiers du bétail au Canada en 2024, soit 4,7 Mt, se situent dans une plage d'incertitude de -28 % à +23 % (Tableau 5–5). Quant aux estimations d'émission en 1990, soit 3,0 Mt, elles présentent une plage d'incertitude légèrement supérieure, de -44 % à +36 %, attribuable à une plus grande incertitude liée à la répartition des types de systèmes de gestion des fumiers utilisés en 1990. L'estimation d'une augmentation de 60 % de la moyenne des émissions entre 1990 et 2024 se situe dans une plage d'incertitude de +45 % à +66 %.

Comme dans le cas de la fermentation entérique, la plus grande partie de l'incertitude dans l'estimation des émissions dues à la gestion des fumiers au Canada est liée au calcul du coefficient d'émission. La plage d'incertitude autour du coefficient d'émission moyen monte jusqu'à 110 % dans le cas des bovins laitiers. L'incertitude associée aux émissions concerne principalement l'utilisation de paramètres par défaut du GIEC (2006) dans la méthode de calcul de Niveau 2, en particulier du FCM, qui est appliqué à toutes les régions du Canada et à tous les types d'animaux, et du B_0 maximal (Karimi-Zindashty et al., 2012). Aucune analyse de l'incertitude associée aux nouveaux modèles de bovins laitiers et de porcs n'a encore été réalisée, mais étant donné que le FCM contribue à l'incertitude associée à la gestion des fumiers, ils pourraient réduire l'incertitude nationale dans le domaine de la gestion des fumiers.

La méthode et les paramètres utilisés dans le calcul des coefficients d'émission sont cohérents pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024), à l'exception des données sur la production laitière des vaches laitières et sur le poids des taureaux. La production laitière en Ontario et dans les provinces de l'ouest de 1990 à 1999 ainsi que le poids des carcasses des taureaux sont estimés de la manière décrite à la section 5.2.3.

Tableau 5–5 **Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH_4 dues à la gestion des fumiers**

Catégorie de bétail	Source de l'incertitude		Valeur moyenne [a]	Probabilité de 2,5 % [b]	Probabilité de 97,5 % [b]
Bovins laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		966	915 (-5,2 %)	1 017 (+5,2 %)
	Coefficient d'émission de Niveau 2 (kg/tête/an)		42	23 (-45 %)	57 (+37 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		1,1	0,6 (-45 %)	1,55 (+37 %)
Bovins non laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		10 497	10 296 (-1,9 %)	10 710 (+2,0 %)
	Coefficient d'émission de Niveau 2 (kg/tête/an)		3,7	2,8 (-25 %)	5,4 (+45 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		1,1	0,8 (-27 %)	1,64 (+51 %)
Porcs	Cheptel (1 000 têtes)		13 985	13 654 (-2,4 %)	14 323 (+2,4 %)
	Coefficient d'émission de Niveau 2 (kg/tête/an)		5,8	2,7 (-54 %)	8,4 (+45 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		2,3	1,2 (-49 %)	3,2 (+42 %)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO_2)		0,25	0,17 (-31 %)	0,29 (+14 %)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO_2)	1990	3,0	1,7 (-44 %)	4,0 (+36 %)
		2024	4,7	3,4 (-28 %)	5,8 (+23 %)
	Tendance	1990–2024	1,8 (+60 %)	1,1 (+45 %)	1,6 (+66 %)

Notes :
a. Valeur moyenne tirée de la base de données, à l'exception des données sous « Tendance », qui représentent la différence entre 1990 et 2024.
b. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne, à l'exception des données à la ligne « Tendance », où les valeurs entre parenthèses représentent la variation en pourcentage entre 1990 et 2024.

5.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a fait l'objet de contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3 du Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités et les méthodes sont documentées et archivées en format électronique. Les coefficients d'émission de CH_4, selon la méthode de Niveau 2 du GIEC pour les pratiques de gestion des fumiers de toutes les catégories animales, tirés de Marinier et al. (2004), ont été examinés par des experts indépendants (Patni et Desjardins, 2004). Ces documents ont été archivés en format électronique.

Les contrôles de la qualité de Niveau 2 réalisés à l'interne en 2010 et 2011 comprenaient une révision complète et un remaniement de la méthode de calcul, des données d'entrée ainsi qu'un examen et une compilation des études canadiennes sur la gestion des fumiers (MacDonald et Liang, 2011). Les paramètres de modélisation de Niveau 2 du GIEC ne présentent aucun biais particulier attribuable à la grande variabilité des résultats de recherche et au manque de données à l'appui des recherches menées sur les installations de stockage des fumiers. Il n'existe pas de norme claire pour vérifier si les paramètres du GIEC conviennent à l'estimation des émissions des systèmes de gestion des fumiers dans le contexte canadien. Pour améliorer la méthode actuelle de Niveau 2, plus de recherches systématiques et détaillées doivent être menées au Canada. Plus de précisions à ce sujet se trouvent à la section A3.4.3.7.

5.3.1.5. Recalculs

Le FCM de la série chronologique liée à la gestion du lisier en production laitière et porcine a été recalculé de façon à refléter les pratiques et le climat régionaux canadiens. Les émissions ont été révisées à la hausse de 0,2 Mt en 1990, de 0,4 Mt en 2005 et de 0,4 Mt en 2023 (Tableau 5–6). Les tendances d'émission à long terme sont passées de 56 % à 59 %, tandis que la tendance à court terme est passée de -2 % à -1 %.

Tableau 5–6 **Recalcul des estimations des émissions de CH_4 et leur incidence sur les tendances d'émission liées à la gestion des fumiers**

Source d'émission	Année	Année de soumission	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO_2)	Variation des émissions (kt d'éq. CO_2)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Gestion des fumiers	1990	2025	2 757	214	8	Long terme (1990–2023)	
		2026	2 971			56	59
	2005	2025	4 377	394	9		
		2026	4 771			Court terme (2005–2023)	
	2023	2025	4 307	410	10	-2	-1
		2026	4 717				

5.3.1.6. Améliorations prévues

L'analyse du modèle de gestion des fumiers indique qu'il serait nécessaire d'améliorer les valeurs servant à déterminer la répartition des SGDA, et ce, d'après l'enquête sur la gestion des fermes (EGF) de Statistique Canada. À l'aide des données de l'EGF pour la période de 2017 à 2021 (Ewen et al., 2025), combinées aux informations tirées de publications canadienne sur la gestion des animaux d'élevage (Sheppard et al., 2009 a, 2009b, 2010, 2011a, 2011b; Sheppard et Bittman, 2011, 2012) une nouvelle série chronologique sur la gestion des fumiers pour les productions laitière et porcine au Canada est en cours d'élaboration et des travaux sont envisagés pour d'autres grandes catégories de bétail. L'estimation améliorée du FCM pour la gestion du fumier de porc et de bovins laitiers devrait être intégrée dans les futures analyses d'incertitude. D'autres améliorations apportées aux paramètres servant à calculer les SV selon les changements à l'alimentation des animaux sont envisagées en vue de leur mise en œuvre à moyen terme. D'autres travaux sur l'incertitude relative aux bovins laitiers et aux porcs auront lieu pour mettre à jour l'estimation du degré d'incertitude et de la tendance.

5.3.2. Émissions de N_2O imputables à la gestion des fumiers (catégorie 3.B [b] des TCD)

5.3.2.1. Description de la catégorie

La production de N_2O au cours du stockage et du traitement des déjections animales survient durant la nitrification et la dénitrification du N que contient le fumier. La nitrification est l'oxydation de l'ammonium (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-), et la dénitrification, la réduction de NO_3^- en N_2O ou en N_2. Le fumier produit par les catégories bovines non laitières, moutons, chèvres, chevaux et autres catégories de bétail mineures est géré principalement en systèmes solides et en parc d'élevage, les types de systèmes de gestion des fumiers produisant les plus grandes quantités de N_2O. Les émissions de N_2O imputables à l'urine et au fumier excrétés par les animaux au pâturage sont déclarées dans une catégorie distincte (voir la section 5.4.1.4).

5.3.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions de N_2O dues à la gestion des fumiers sont estimées pour chaque catégorie de bétail en multipliant la population de chaque catégorie par le taux d'excrétion de N de cette catégorie et par le coefficient d'émission associé au SGDA.

Pour les bovins laitiers, l'excrétion de N est calculée au moyen de la méthode du bilan massique fournie par la méthodologie de Niveau 2 du GIEC, d'après la différence entre l'ingestion et la rétention de N. L'ingestion de N est calculée en fonction de la consommation d'énergie brute et du pourcentage de protéines brutes dans les aliments, alors que la rétention de N est calculée au moyen des données sur la production laitière et le poids des bovins; ces calculs sont décrits à l'Annexe 3.4. Les coefficients d'émission de N_2O par défaut du GIEC sont attribués aux sous-systèmes de SGDA (voir la section A3.4.3.3) et les coefficients d'émission de N_2O pondérés sont établis en tenant compte de la proportion de fumier traité par chacun des sous-systèmes.

L'excrétion de N chez les porcs est calculée pour les animaux de marché et de reproduction au moyen de la méthode de Niveau 1 du GIEC, ainsi que d'une série chronologique relative à la masse animale propre au pays pour les animaux de marché. Les coefficients d'émission de N_2O par défaut du GIEC sont attribués aux sous-systèmes de gestion des déchets animaux (voir la section A3.4.3.3), et les coefficients d'émission de N_2O pondérés relatifs aux SGDA sont établis en tenant compte de la proportion de fumier traité par chacun des sous-systèmes.

Pour toutes les autres catégories de bétail, l'excrétion de N est estimée au moyen de la méthodologie de Niveau 1 du GIEC. Les taux d'excrétion annuels moyens des animaux d'élevage sont tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Les données sur la caractérisation des animaux sont les mêmes que celles qui ont servi aux estimations relatives à la Fermentation entérique (voir la section 5.2) et à la Gestion des fumiers (voir la section 5.3.1). Les coefficients d'émission par défaut pour un pays développé au climat frais (GIEC, 2006) servent à estimer la quantité de N dans le fumier émise sous forme de N_2O pour chaque type de SGDA.

5.3.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Pour estimer les émissions de N_2O produites par des sources agricoles, une analyse de l'incertitude au moyen de la méthode de Monte-Carlo (Karimi-Zindashty et al., 2014) a été effectuée. L'incertitude associée aux paramètres définis dans la méthode de Niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), relativement aux émissions de N_2O liées à la gestion des fumiers, et toutes les incertitudes relatives aux SGDA, aux populations d'animaux et aux caractérisations étaient identiques à celles prises en compte dans l'analyse des émissions de CH_4 imputables aux catégories Fermentation entérique et Gestion des fumiers définies aux sections 5.2.3 et 5.3.1.3. Les détails de cette analyse se trouvent à la section A3.4.6.

Les estimations d'émissions directes de N_2O imputables à la Gestion des fumiers, qui étaient de 2,9 Mt en 2024, se situent dans une plage d'incertitude de 1,7 Mt (-43 %) à 4,4 Mt (+51 %) (Tableau 5–7). La majeure partie de l'incertitude est associée au coefficient d'émission de Niveau 1 du GIEC (incertitude de ±100 %). L'analyse de l'incertitude initiale était limitée par la taille du modèle d'émissions de N_2O et ne visait qu'à fournir des estimations fiables de l'incertitude pour les catégories de sources d'émission, et une analyse de sensibilité de base. Une analyse complète de l'incertitude de la tendance n'a pas encore été effectuée en raison des capacités informatiques restreintes. Une analyse de l'incertitude des modèles de bovins laitiers et de porcs n'a pas non plus encore été réalisée.

La même méthodologie, les mêmes coefficients d'émission et les mêmes sources de données ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3 du Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, la méthodologie et les changements apportés aux méthodologies ont été documentés et archivées en formats papier et électronique. Les processus et les paramètres de calcul ont fait l'objet d'un contrôle complet de la qualité de Niveau 2 lors de la reconstitution de la base de données sur les émissions de N_2O dans le domaine de l'agriculture.

Peu de données sont publiées par rapport aux émissions de N_2O dues à la gestion et au stockage du fumier au Canada, ou dans les régions aux pratiques et aux conditions climatiques comparables. Davantage d'études canadiennes normalisées et détaillées sont nécessaires pour améliorer les méthodes actuelles.

5.3.2.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.3.2.6. Améliorations prévues

Au Canada, il existe peu de données sur les mesures directes des émissions de N_2O dues à la gestion des fumiers. Grâce aux récents progrès scientifiques par rapport aux techniques analytiques, il est possible de mesurer directement les émissions de N_2O à partir de sources ponctuelles. Toutefois, il faudra sans doute plusieurs années avant que les émissions de N_2O des divers systèmes de gestion des fumiers au Canada puissent être mesurées et vérifiées de façon fiable.

Comme il a été mentionné à la section 5.3.1.6, l'utilisation de la série chronologique pour les SGDA est la principale source d'améliorations pour cette source d'émissions. Les améliorations touchant les bovins laitiers et les porcs ont été apportées à la lumière des enquêtes de gestion agroenvironnementale menées par Statistique Canada; des plans sont en place pour incorporer cette analyse à d'autres catégories de bétail.

De plus, comme il a été mentionné à la section 5.2.6, des données ont été recueillies dans le but d'établir une série chronologique qui tiendrait compte des changements apportés à l'alimentation des animaux et des taux d'excrétion de N propres au pays. Ces données ont été intégrées dans le cas des bovins laitiers, mais une analyse semblable doit toujours être réalisée pour les porcs. Pour certaines autres catégories de bétail, les changements seront apportés à moyen terme.

D'autres analyses seront menées afin d'établir l'incertitude de la tendance et de prendre en considération les modifications apportées aux modèles de bétail à moyen terme.

5.3.3. Émissions indirectes de N_2O imputables à la gestion des fumiers (catégorie 3.B.5 des TCD)

5.3.3.1. Description de la catégorie

Les émissions de N_2O imputables à la gestion des fumiers peuvent aussi être générées indirectement par la volatilisation de l'ammoniac (NH_3) et le lessivage du N au cours de l'entreposage et de la manutention du fumier. Une fraction de l'azote contenu dans le fumier entreposé est transportée hors site par volatilisation sous forme de NH_3 et de NO_x ainsi que par dépôt ultérieur. De plus, le fumier solide exposé à la pluie a tendance à libérer du N par lessivage et ruissellement. Il est supposé que le N transporté d'un site d'entreposage de fumier de cette façon subit par la suite une nitrification et une dénitrification ailleurs dans l'environnement, ce qui produit du N_2O.

5.3.3.2. Questions de méthodologie

Les émissions indirectes de N_2O imputables à la gestion des fumiers sont estimées à l'aide d'un facteur de perte de N appliqué à la quantité d'azote provenant du fumier traité par chaque SGDA, puis le résultat est multiplié par un coefficient d'émission de N_2O. Le calcul des facteurs de perte de N relatif aux bovins laitiers et aux porcs est différent de celui effectué pour d'autres catégories de bétail.

Dans le cas des bovins laitiers et des porcs, la quantité de N provenant du fumier susceptible de diminuer en raison des pertes dues au lessivage et à la volatilisation de NH_3 et des NO_x pendant l'entreposage est estimée au moyen de la version révisée du modèle canadien d'émissions de NH_3 (Sheppard et al., 2010; 2011b; Chai et al., 2016), et ce, afin d'établir des facteurs de perte de N propres aux écorégions selon le type d'animal et le système de gestion des fumiers.

Quant à l'ensemble des autres catégories de bétail, la quantité de N provenant du fumier susceptible de diminuer en raison des pertes par volatilisation de NH_3 pendant l'entreposage est calculée pour chaque type d'animal et chaque système de gestion du fumier à l'aide des valeurs par défaut de Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les pertes dues au lessivage ne sont pas estimées, car il n'existe aucun facteur de perte due au lessivage propre au pays.

Les coefficients d'émission de N_2O associés à la volatilisation du fumier au cours de l'entreposage et de la manutention dans les climats sec et humide sont tirés de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), tandis que les coefficients d'émission de N_2O associés au N lessivé provenant de l'entreposage et de la manutention du fumier sont extraits des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), et ce, pour toutes les catégories de bétail.

5.3.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Aucune analyse d'incertitude complète reposant sur une technique Monte-Carlo n'a été effectuée pour les estimations des émissions de N_2O indirectes imputables à la gestion des fumiers. Les incertitudes associées aux cheptels d'animaux d'élevage, aux taux d'excrétion de N du fumier, aux SGDA, aux fractions de lessivage de N et de volatilisation de NH_3 ainsi qu'aux coefficients d'émission indirecte de N_2O sont connues, mais n'ont pas été utilisées dans l'analyse de Monte-Carlo à ce jour. L'incertitude globale est censée être équivalente à l'incertitude associée aux émissions indirectes imputables aux sols agricoles.

La même méthodologie, les mêmes coefficients d'émission et les mêmes sources de données pour l'ensemble de la série chronologique ont été utilisés (de 1990 à 2024).

5.3.3.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). De plus, les données sur les activités, les méthodes et les changements ont été consignés et archivées en format électronique.

5.3.3.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.3.3.6. Améliorations prévues

Comme il a été mentionné à la section 5.3.1.6, la détermination des fractions de N perdues par volatilisation de NH_3 et des coefficients de lessivage de N propres au pays, établis par sous-catégorie de bétail et par SGDA pour les bovins de boucherie, est en cours. Les paramètres de Niveau 2 pour les bovins non laitiers pourraient être révisés selon les données récentes.

5.4. Émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles (catégorie 3.D des TCD)

Il existe des formes directes et indirectes d'émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles : les apports anthropiques de N aux sols représentent des contributions directes, alors que les diverses autres voies représentent des contributions indirectes. Les changements de pratiques de gestion et de rotation des cultures, comme le travail du sol et l'irrigation, ont une incidence sur les émissions directes de N_2O en modifiant les taux de minéralisation du N organique, la nitrification et la dénitrification. Les émissions indirectes proviennent de deux sources : 1) la volatilisation du N des engrais inorganiques et du fumier épandu dans les champs en NH_3 et en NO_x et son dépôt subséquent en dehors des sites; 2) le lessivage et le ruissellement d'engrais inorganique, de fumier, de biosolides et de résidus de culture renfermant du N.

5.4.1. Émissions directes de N_2O provenant de terres aménagées (catégorie 3.D.1 des TCD)

Les sources directes de N_2O dans les sols sont l'épandage d'engrais azotés organiques et inorganiques, les résidus de culture en décomposition, les pertes de matière organique du sol par la minéralisation, et la culture des sols organiques. De plus, le Canada déclare également deux sources d'émissions et d'absorptions propres au pays : les pratiques de travail du sol et l'irrigation. Les absorptions et les émissions associées à ces sources sont estimées à partir des apports de N provenant de l'épandage d'engrais azotés organiques et inorganiques et du N des résidus de culture.

5.4.1.1. Engrais azotés inorganiques (catégorie 3.D.1.a des TCD)

5.4.1.1.1. Description de la catégorie

Les engrais inorganiques ajoutent de grandes quantités de N aux sols agricoles. Ce N supplémentaire subit des transformations, notamment la nitrification et la dénitrification, qui peuvent émettre du N_2O. Les coefficients d'émission dus à l'épandage d'engrais dépendent de nombreux facteurs, comme la texture du sol, le climat, la topographie, le régime de culture, les pratiques agricoles et les conditions environnementales (Gregorich et al., 2005; Rochette et al., 2008a; Rochette et al., 2018).

5.4.1.1.2. Questions de méthodologie

Le Canada a développé une méthode de Niveau 2 à l'aide des coefficients d'émissions propres au pays pour estimer les émissions de N_2O imputables à l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles, laquelle tient compte des régimes d'humidité, de la texture du sol, des sources de N, des systèmes de culture et des conditions topographiques. Les émissions de N_2O sont estimées pour chaque écodistrict, puis mises à l'échelle provinciale et nationale. La quantité de N épandue sur les terres est estimée à partir des données sur les expéditions annuelles d'engrais azoté au marché de l'agriculture au Canada. Il est présumé que tous les engrais azotés inorganiques vendus par les détaillants sont utilisés à des fins de cultures agricoles au Canada. La quantité d'engrais utilisée pour les forêts est considérée comme minime. L'Annexe 3.4 présente plus de précisions sur la méthode d'inventaire.

5.4.1.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Effectuée au moyen de la méthode de Monte-Carlo, l'analyse de l'incertitude associée à la méthodologie utilisée pour estimer les émissions de N_2O des sources agricoles mentionnées à la section 5.3.2.3 inclut l'ensemble des émissions directes et indirectes des sols (Tableau 5–7). Pour les émissions de N_2O attribuables aux engrais, l'analyse tient compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthode antérieure propre au pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N_2O, le degré d'incertitude des ventes d'engrais à l'échelle des provinces et le degré d'incertitude des surfaces cultivées et de la production à l'échelle de l'écodistrict. Une analyse de l'incertitude mise à jour selon la méthode de Monte-Carlo est prévue pour quantifier l'incertitude que renferment les coefficients d'émission à jour de N_2O du sol propres au pays. La quantification de l'incertitude devrait être meilleure étant donné l'ensemble de données plus exhaustif sur les coefficients d'émission. Par conséquent, l'analyse de l'incertitude reposera moins sur le jugement d'experts pour établir les distributions de probabilités des facteurs utilisés dans le calcul des coefficients d'émission régionaux.

D'après d'anciennes analyses, il est estimé que les émissions de N_2O issues de l'épandage d'engrais inorganiques sur les terres agricoles, qui sont de 9,7 Mt pour 2024, se situent dans une plage variant de 6,3 Mt (-35 %) à 14 Mt (+43 %) (Tableau 5–7).

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

Tableau 5–7 **Incertitude des estimations des émissions de N_2O attribuables à la gestion des fumiers et aux sols agricoles en 2024**

Source d'émission		Valeur moyenne[a]	Probabilité de 2,5 %[b]	Probabilité de 97,5 %[b]
		Mt d'éq. CO_2		
GESTION DES FUMIERS (N_2O)				
Émissions directes		2,9	1,7 (-43 %)	4,4 (+51 %)
Émissions indirectes		0,53	0,21 (-60 %)	0,90 (+70 %)
SOLS AGRICOLES (N_2O)		**18**	**12 (-36 %)**	**28 (+52 %)**
Émissions directes de N_2O provenant de terres aménagées		15	10 (-28 %)	19 (+34 %)
	Engrais azotés inorganiques	9,7	6,3 (-35 %)	14 (+43 %)
	Engrais azotés organiques	1,3	0,89 (-33 %)	1,9 (+41 %)
	Résidus de culture	3,9	2,5 (-35 %)	5,6 (+45 %)
	Travail des sols organiques	0,22	0,046 (-79 %)	0,43 (+96 %)
	Minéralisation liée à la déperdition de la matière organique du sol	0,53	0,35 (-35 %)	0,77 (+45 %)
	Urine et fumier laissés au sol par les animaux au pâturage	0,17	0,067 (-60 %)	0,29 (+75 %)
	Minéralisation/Immobilisation de l'azote des sols	-1,3	-0,73 (-44 %)	-2,0 (+55 %)
Émissions indirectes de N_2O provenant de terres aménagées		3,8	1,5 (-60 %)	6,5 (+70 %)
	Dépôt atmosphérique	0,92	0,23 (-75 %)	1,9 (+110 %)
	Lessivage et ruissellement	2,9	0,59 (-80 %)	5,9 (+100 %)

Notes :
a. Valeur moyenne rapportée à partir de la base de données.
b. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne.

5.4.1.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

Tandis que Statistique Canada procède à des vérifications de CQ avant la publication de données sur la consommation d'engrais azotés inorganiques, la Division des inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement et Changement climatique Canada procède à ses propres vérifications de CQ de Niveau 2 au moyen de registres historiques et de consultations auprès des industries agricoles régionales et provinciales.

Les émissions de N_2O imputables à l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles au Canada varient en fonction des sites. Cependant, il existe une concordance entre le coefficient d'émission par défaut précédent de 1 % du GIEC (GIEC, 2006), le coefficient d'émission révisé pour un environnement humide de 1,6 % (GIEC, 2019), le coefficient d'émission de 1,2 % fondé sur des mesures prises dans l'est du Canada, à l'exclusion des émissions produites pendant la période du dégel printanier (Gregorich et al., 2005; Desjardins et al., 2010) et la plage des valeurs de coefficients d'émission obtenue grâce à cette méthode.

5.4.1.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.1.1.6. Améliorations prévues

La méthode actuelle ne tient pas compte des mesures d'atténuation qui réduisent les émissions de N_2O du sol, qui comprennent des pratiques comme l'utilisation d'engrais à efficacité améliorée, l'application de N fractionné et le placement des engrais azotés. Le Canada prévoit mettre au point des coefficients ou des modificateurs de rapport plus robustes pour tenir compte de ces mesures d'atténuation à moyen terme, soit de trois à cinq ans, à mesure que sont connus les résultats de recherche et les données sur les activités.

5.4.1.2. Engrais azotés organiques épandus aux sols (catégorie 3.D.1.b des TCD)

5.4.1.2.1. Description de la catégorie

L'épandage de sources de N organique comme engrais sur les sols peut accroître le rythme de nitrification et de dénitrification, provoquant ainsi une augmentation des émissions de N_2O des sols agricoles. Les émissions de cette catégorie englobent i) tout le fumier géré sous forme sèche, liquide et par d'autres SGDA et ii) les biosolides humains gérés par des usines de traitement des eaux usées municipales.

5.4.1.2.2. Questions de méthodologie

Comme dans le cas des émissions de N_2O dues aux engrais azotés inorganiques, une méthode de Niveau 2 du GIEC sert à estimer les émissions de N_2O produites par l'engrais azoté organique épandu aux sols agricoles; cette méthode comprend des coefficients d'émissions propres au pays, qui tiennent compte des régimes d'humidité (comme l'augmentation des précipitations saisonnières à long terme et l'évapotranspiration potentielle), des textures des sols, des sources d'azote, des systèmes culturaux, ainsi que des conditions topographiques. Le calcul des émissions se fait par la multiplication du volume d'azote organique épandu sur les sols agricoles par un coefficient d'émission pondéré, calculé pour chaque écodistrict, puis ces résultats sont additionnés à l'échelle provinciale et nationale. Tout le fumier traité par les SGDA, à l'exception de l'urine et du fumier excrétés par les animaux au pâturage, est censé être ensuite épandu sur les sols agricoles après que les pertes d'azote pendant l'entreposage ont été prises en considération. L'azote des biosolides est appliqué à certains types de cultures, par écodistrict, conformément à la réglementation provinciale et aux exigences des cultures, et les émissions subséquentes sont calculées à l'aide des coefficients d'émission de Niveau 2 propres au pays.

5.4.1.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N_2O attribuables à l'épandage d'engrais azotés organiques tient compte du degré d'incertitude associé aux paramètres servant à estimer l'azote des fumiers, comme indiqué à la section 5.3.2.3, et de l'incertitude définie dans la méthode propre au pays (Rochette et al., 2008a) qui a déjà servi à établir les coefficients d'émission de N_2O, comme indiqué à la section 5.4.1.1.3. Une mise à jour de l'analyse de l'incertitude par la méthode de Monte-Carlo est prévue dans le but de quantifier l'incertitude dans les coefficients d'émission à jour de N_2O du sol propres au pays, y compris le coefficient de rapport utilisé pour le N organique. La quantification de l'incertitude associée aux émissions découlant de l'épandage d'engrais azoté organique devrait s'être améliorée en raison de l'exhaustivité accrue de l'ensemble de données servant à distinguer les engrais azotés organiques et inorganiques (Rochette et al., 2018; Liang et al., 2020), améliorant ainsi les distributions des probabilités des paramètres.

D'après des analyses, il est estimé que les émissions de N_2O provenant de l'épandage d'engrais azotés organiques, qui sont de 1,3 Mt pour 2024, se situent dans une plage d'incertitude de 0,9 Mt (-33 %) à 1,9 Mt (+41 %) (Tableau 5–7). Les principales sources d'incertitude relativement au calcul d'émissions issues de l'engrais azoté organique sont la pente de l'équation de régression servant à estimer les coefficients d'émission de N_2O, les taux d'excrétion de N des animaux, les corrections du coefficient d'émission tenant compte de la texture du sol (CR_TX) et du travail du sol (CR_TR), et la teneur en N des biosolides.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.1.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en format électronique.

5.4.1.2.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.1.2.6. Améliorations prévues

La méthode actuelle ne tient pas compte des mesures d'atténuation visant à réduire les émissions de N_2O du sol, notamment le moment où le N organique est appliqué. Le Canada prévoit mettre au point des coefficients de rapport robustes pour tenir compte de ces mesures d'atténuation à moyen terme, soit de trois à cinq ans.

5.4.1.3. Résidus de culture (catégorie 3.D.1.d des TCD)

5.4.1.3.1. Description de la catégorie

Au moment de la récolte, une partie de la matière végétale est laissée sur le champ, où elle se décompose. Cette matière végétale restante représente une source de N qui subit plus tard une nitrification et une dénitrification, pouvant ainsi contribuer à la production de N_2O.

5.4.1.3.2. Questions de méthodologie

Les émissions sont estimées à l'aide de la méthode de Niveau 2 du GIEC; ainsi, la quantité de N des résidus de culture sur les terres agricoles de cultures annuelles et pérennes est multipliée par un coefficient d'émission correspondant à l'échelle de l'écodistrict avant de la porter aux échelles provinciale et nationale. La quantité de N contenue dans les résidus de culture est estimée à partir des caractéristiques de culture propres au pays (Janzen et al., 2003). Les coefficients d'émission sont déterminés selon la même démarche que pour l'application des engrais azotés organiques (voir la section 5.4.1.2.2).

5.4.1.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N_2O attribuables à la décomposition des résidus de culture tient compte de l'incertitude associée aux cultures ainsi que de l'incertitude définie dans la méthode propre au pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N_2O, comme indiqué à la section 5.4.1.1.3.

L'estimation des émissions de N_2O issues de la décomposition de résidus de culture, qui est de 3,9 Mt pour 2024, est associée à une plage d'incertitude de -35 % à +45 %, ou de 2,5 Mt à 5,6 Mt (Tableau 5–7). Parmi les principales sources d'incertitude relativement au calcul d'émissions issues de la décomposition des résidus de culture, il y a la pente de l'équation de régression utilisée pour estimer les coefficients d'émission de N_2O et les corrections du coefficient d'émission tenant compte de la texture du sol (CR_TEXTURE) et du travail du sol (CR_TRAVAILDUSOL). Une analyse à jour de l'incertitude selon la méthode de Monte-Carlo est prévue, pour tenir compte de l'incertitude associée aux nouveaux coefficients d'émission de N_2O du sol propres au pays, dont le coefficient de rapport utilisé pour l'engrais azoté organique.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.1.3.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1, qui sont décrits dans le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.4.1.3.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.1.3.6. Améliorations prévues

Les améliorations futures porteront principalement sur la différenciation des engrais azotés organiques du N des résidus de culture à moyen terme (trois à cinq ans).

5.4.1.4. Urine et fumier excrétés par les animaux au pâturage (catégorie 3.D.1.c des TCD)

5.4.1.4.1. Description de la catégorie

Lorsque les animaux au pâturage excrètent de l'urine et du fumier, le N du fumier subit diverses transformations comme l'ammonification, la nitrification et la dénitrification. Ces processus de transformation peuvent entraîner le rejet de N_2O.

5.4.1.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de N_2O issues de déjections laissées par les animaux au pâturage sont calculées au moyen d'une méthode de Niveau 2 du GIEC propre à chaque pays et dérivée des mesures de l'écoulement des champs (Rochette et al., 2014; Lemke et al., 2012). Les détails de ces nouveaux coefficients d'émission se trouvent à la section A3.4.5 de l'Annexe 3.4. Les émissions pour chaque catégorie animale sont calculées en multipliant le nombre d'animaux au pâturage par le taux approprié d'excrétion de N et par la fraction de N du fumier disponible pour la conversion en N_2O.

5.4.1.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux nouvelles estimations d'émissions de N_2O issues de l'urine et du fumier excrétés par les animaux au pâturage a été estimée à partir de la précédente analyse d'incertitude à l'aide des distributions d'incertitude et des paramètres établis dans la méthode de Niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), à l'exception des nouveaux coefficients d'émission. Les populations d'animaux d'élevage et la proportion d'animaux sur les réseaux de pâturage et leurs caractéristiques sont identiques à celles utilisées dans l'analyse des émissions de CH_4 de la Fermentation entérique et de la Gestion des fumiers établies aux sections 5.2.3 et 5.3.1.3.

Selon ces hypothèses, l'estimation des émissions de N_2O de 0,17 Mt attribuables aux animaux d'élevage canadiens au pâturage pour 2024 se situe dans une plage d'incertitude de -60 % à +75 %, ou de 0,067 Mt à 0,29 Mt (Tableau 5–7).

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.1.4.4. AQ/CQ et vérification

Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique. Des contrôles de la qualité et des contre-vérifications ont été effectués pour déceler les erreurs de saisie des données et de calcul.

5.4.1.4.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.1.4.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue dans cette catégorie à l'heure actuelle. Des travaux supplémentaires en matière d'incertitude seront effectués pour tenir compte des changements apportés au modèle de pâturages, grands parcours et enclos et pour établir la tendance d'incertitude à moyen terme.

5.4.1.5. Minéralisation liée à la déperdition de la matière organique du sol (catégorie 3.D.1.e des TCD)

5.4.1.5.1. Description de la catégorie

Les pertes de carbone dans le sol attribuables aux changements apportés aux pratiques de gestion des terres, à la productivité des cultures et à l'épandage de fumier sont abordées dans le secteur de l'ATCATF (Chapitre 6), dans la catégorie des Terres cultivées. Néanmoins, la minéralisation du N qui accompagne les pertes de carbone organique dans le sol contribue au bilan azoté global des terres agricoles. Lorsqu'il est sous forme inorganique, ce N a tendance à s'échapper sous forme de N_2O durant la nitrification ou la dénitrification, et il faut donc tenir compte de cet azote en raison de son rôle dans les émissions de N_2O du sol.

5.4.1.5.2. Questions de méthodologie

Les émissions de N_2O sont estimées à l'aide de la méthode de Niveau 2 du GIEC : la quantité de N dans la matière organique du sol perdue en raison des changements apportés aux pratiques de gestion des terres cultivées, à la productivité des cultures et à l'épandage de fumier est multipliée par le coefficient d'émission à l'échelle de l'écodistrict avant d'être portée aux échelles provinciale et nationale.

La valeur des pertes de carbone organique du sol à l'échelle de l'écodistrict entre 1990 et 2024 est issue du carbone déclaré dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé du secteur ATCATF, en excluant l'effet de la conversion des terres forestières en terres cultivées après 20 ans (c'est-à-dire, les émissions de N_2O dues à des perturbations des terres converties en terres cultivées, puisque les émissions résultant des perturbations de la conversion de terres forestières en terres cultivées sont déjà déclarées dans le secteur de l'ATCATF), de la biomasse aérienne de vivaces et de la culture d'histosols. Un ensemble de données sur les quantités de carbone organique du sol et de N dans les principaux sols de Saskatchewan a servi à calculer le rapport C:N moyen pour les sols de terres cultivées. Les coefficients d'émission de N_2O du sol par écodistrict (CE_BASE) sont les mêmes que ceux qui servent à estimer les émissions attribuables aux épandages d'engrais organiques aux cultures annuelles. Les coefficients d'émission dépendent des caractéristiques du climat et du sol de chaque écodistrict qui connaît une minéralisation de la matière organique.

5.4.1.5.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les paramètres d'incertitude reposent sur l'écart-type de la base de données sur le sol, les estimations d'incertitude quant aux pertes de carbone et l'incertitude entourant les coefficients d'émission par écodistrict. L'incidence sur l'incertitude associée aux sols agricoles sera réévaluée lors de la prochaine série d'évaluations complètes de l'incertitude, au moment de leur renouvellement. Compte tenu de sa faible contribution aux émissions totales, cette source n'aura probablement aucun effet sur l'incertitude générale relative aux émissions. À l'heure actuelle, les estimations d'incertitude dans cette catégorie sont considérées comme équivalentes à celles des émissions attribuables à la décomposition des résidus de culture. Selon ces hypothèses, les estimations des émissions de N_2O attribuables à la minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol en 2024, qui se chiffrent à 0,53 Mt, se situent dans une plage d'incertitude de -35 % à +45 %, ou de 0,35 Mt à 0,77 Mt (Tableau 5–7).

5.4.1.5.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.4.1.5.5. Recalculs

La quantité de résidus de culture retournée au sol a été corrigée dans la méthode relative à l'ATCATF dans la catégorie des Terres cultivées, d'où une modification du stockage de carbone estimé dans les sols, donc dans les émissions de N_2O du sol. Les émissions ont augmenté de 30 kt en 1990 et de 122 kt en 2005, et diminué de 122 kt en 2023 (Tableau 5–8). Quant à la tendance à court terme, elle a diminué de 174 % à 84 % et celle à long terme, de 219 % à 44 %.

Tableau 5–8 **Recalcul des estimations des émissions de N_2O et leur incidence sur les tendances des émissions attribuables à la minéralisation du carbone organique du sol**

Source d'émission	Année	Année de soumission	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO_2)	Variation des émissions (kt d'éq. CO_2)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Minéralisation du carbone organique des sols	1990	2025	198	30	15	Long terme (1990–2023)	
		2026	228			174	84
	2005	2025	170	122	72		
		2026	292			Court terme (2005–2023)	
	2023	2025	542	-122	-23	219	44
		2026	420				

5.4.1.5.6. Améliorations prévues

Comme c'est le cas pour le N des résidus de culture, les améliorations à venir dans cette catégorie viseront à différencier les coefficients d'émission de N_2O selon les sources de N organique et inorganique. Le degré d'incertitude lié à cette catégorie sera calculé lors de la prochaine série d'analyses d'incertitude.

5.4.1.6. Travail des sols organiques (catégorie 3.D.1.f des TCD)

5.4.1.6.1. Description de la catégorie

Le travail des sols organiques (histosols) pour les cultures agricoles fait généralement intervenir le drainage, l'abaissement de la nappe phréatique et l'augmentation de l'aération, ce qui accélère la décomposition de la matière organique et la minéralisation du N. L'amélioration de la décomposition due à la culture d'histosols peut entraîner une augmentation de la dénitrification et de la nitrification, et ainsi augmenter la production de N_2O (Mosier et al., 1998).

5.4.1.6.2. Questions de méthodologie

La méthode de Niveau 1 du GIEC a été utilisée pour estimer les émissions de N_2O imputables aux sols organiques travaillés (GIEC, 2006). Le calcul des émissions de N_2O se fait par la multiplication de la superficie des histosols travaillés par le coefficient d'émission par défaut du GIEC.

Les superficies d'histosols travaillés à l'échelle provinciale ne sont pas visées dans le *Recensement de l'agriculture*. Des consultations avec de nombreux spécialistes des sols et des cultures du Canada ont permis d'estimer à respectivement 16 kha et à 30 kha la superficie des histosols canadiens consacrés à la production de cultures annuelles et pérennes, et de déterminer que ces valeurs étaient constantes pour la période de 1990 à 2024 (Liang et al., 2004a).

5.4.1.6.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N_2O attribuables aux sols organiques tient compte du degré d'incertitude relative aux sols organiques cultivés et aux coefficients d'émission par défaut.

L'estimation des émissions de N_2O issues des sols organiques, qui est de 0,22 Mt pour 2024, se situe dans une plage d'incertitude de -79 % à +96 %, ou 0,046 Mt à 0,43 Mt (Tableau 5–7). Les coefficients d'émission par défaut de Niveau 1 du GIEC sont la principale source d'incertitude.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.1.6.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.4.1.6.5. Recalculs

La distribution des surfaces classées comme étant des sols organiques dans la base de données sur les sols a fait l'objet d'améliorations mineures, sans effet sur les émissions.

5.4.1.6.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

5.4.1.7. Changements dans les émissions de N_2O dues à la réduction ou à l'élimination du travail du sol

5.4.1.7.1. Description de la catégorie

Les émissions de la présente catégorie ne sont pas issues d'apports supplémentaires de N (c.-à.-d. l'engrais, les fumiers ou les résidus de culture). Cette catégorie porte plutôt sur un changement apporté aux coefficients d'émission de N_2O afin de tenir compte de l'adoption de méthodes conservatrices de travail des sols, plus précisément le travail réduit du sol (TRS) et la culture sans labour (CSL), en remplacement d'un travail du sol classique.

5.4.1.7.2. Questions de méthodologie

Par rapport au travail classique ou intensif du sol, le semis direct ou la culture sans labour, de même que le travail réduit du sol, modifient plusieurs facteurs qui influent sur la production de N_2O, notamment la décomposition de la matière organique du sol, la disponibilité du carbone et du N du sol, la densité apparente du sol et son taux d'humidité (McConkey et al., 1996, 2003; Liang et al., 2004 b). En conséquence, par rapport au travail du sol classique, les méthodes conservatrices (TRS et CSL) ont généralement fait baisser les émissions de N_2O dans les Prairies (Malhi et Lemke, 2007) et peuvent faire augmenter les émissions de N_2O dans les autres régions du Canada (Liang et al., 2020; Rochette et al., 2008 b), mais les résultats d'une analyse plus vaste étaient très variables (Pelster et al., 2023). Après un examen fait par des experts en collaboration avec des chercheurs scientifiques canadiens en agriculture, le facteur relatif au travail du sol pour les régions des Prairies de Liang et al. (2020) a été appliqué, contrairement à celui des autres régions, en attente des résultats d'autres analyses. Le résultat net pour l'ensemble du pays est donc une réduction des émissions. Cette réduction est déclarée séparément, sous forme de valeur estimative négative (Tableau 5–1).

Les variations dans les émissions de N_2O dues à l'adoption du TRS et du CSL sont estimées grâce à des modifications aux coefficients d'émission de N_2O du sol et appliquées aux engrais inorganiques et au N organique épandus sur les terres agricoles, et à la décomposition du N des résidus de culture. Cette sous-catégorie est maintenue à l'écart des catégories relatives aux engrais et à la décomposition des résidus de culture à des fins de transparence. Cependant, cette séparation entraîne l'inscription de données d'émission négatives. Les effets du TRS et de la CSL sur les émissions de N_2O sont exprimés sous la forme d'un coefficient empirique de travail du sol (CR_TRAVAILDUSOL), qui se définit comme le rapport entre les flux moyens de N_2O avec TRS ou CSL et les flux moyens de N_2O avec travail intensif du sol (N_2OTRS/N_2OTI) (voir l'Annexe 3.4).

5.4.1.7.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N_2O attribuables aux pratiques de conservation du sol tient compte du degré d'incertitude des superficies travaillées, des facteurs de gestion des fumiers indiqués aux sections 5.3.2.3 et 5.4.1.2.3 et de l'incertitude définie dans la méthode propre au pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N_2O, comme il est indiqué à la section 5.4.1.1.3.

Les estimations d'émission de N_2O attribuables aux pratiques de conservation du sol ont diminué de -1,3 Mt en 2024. L'estimation réduite se situe dans une plage d'incertitude de -44 % à +55 % fondée sur la plage d'incertitude des émissions combinées des pratiques de travail du sol, d'irrigation et de jachère (Tableau 5–7). Les calculs qui se rapportent aux pratiques de conservation du sol dépendent des calculs des émissions attribuables aux sols, et tous les facteurs décrits précédemment dans les sections traitant du degré d'incertitude ont donc une incidence sur l'incertitude, notamment la correction du coefficient d'émission pour le travail du sol (CR_TRAVAILDUSOL).

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.1.7.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.4.1.7.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.1.7.6. Améliorations prévues

Des travaux sont en cours pour quantifier l'incertitude associée aux estimations et à leur tendance à l'aide de la méthode de Niveau 2 du GIEC. D'autres travaux seront effectués pour établir l'incertitude de la tendance à moyen terme.

5.4.1.8. Émissions de N_2O attribuables à l'irrigation

5.4.1.8.1. Description de la catégorie

Comme pour les pratiques de travail du sol, l'effet de l'irrigation sur les émissions de N_2O n'est pas imputable à un apport additionnel de N, mais correspond plutôt à des modifications des conditions du sol ayant une influence sur les émissions de N_2O. La plus forte teneur en eau des sols irrigués fait augmenter le potentiel d'émissions de N_2O en accroissant l'activité biologique anaérobie et en réduisant l'aération des sols (Jambert et al., 1997), ce qui augmente la dénitrification.

5.4.1.8.2. Questions de méthodologie

La méthodologie utilisée est propre au pays et repose sur les présomptions suivantes : i) l'eau apportée par l'irrigation stimule la production de N_2O d'une manière comparable à l'eau de pluie, et ii) l'irrigation est pratiquée à des taux tels que la quantité combinée d'eau apportée par les précipitations et celle apportée par l'irrigation équivalent à l'évapotranspiration potentielle dans les conditions locales. En conséquence, l'effet de l'irrigation est estimé sur les émissions de N_2O des sols agricoles à l'aide d'un CE_BASE estimé à un rapport P=PE (précipitations équivalentes à l'évapotranspiration potentielle) pour les zones irriguées d'un écodistrict donné (Liang et al., 2020). À des fins de transparence, l'effet de l'irrigation sur les émissions de N_2O des sols est aussi déclaré séparément d'autres catégories de sources.

5.4.1.8.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N_2O attribuables aux zones irriguées tient compte du degré d'incertitude associé aux superficies irriguées, des facteurs de gestion des fumiers indiqués aux sections 5.3.2.3 et 5.4.1.2.3 ainsi que de l'incertitude définie dans l'ancienne méthode propre au pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N_2O, comme il est indiqué à la section 5.4.1.1.3. Une mise à jour de l'analyse de l'incertitude est prévue pour tenir compte des nouveaux coefficients d'émission de N_2O du sol, et de celui relatif à l'irrigation indiqué dans le présent rapport.

L'estimation des émissions de N_2O attribuables aux terres irriguées, qui est de 1,1 Mt pour 2024, se situe dans une plage d'incertitude de -44 % à +55 % fondée sur la plage d'incertitude des émissions combinées associées aux pratiques de travail du sol, d'irrigation et de jachère. Le coefficient d'émission des terres irriguées pour un écodistrict donné est fonction de tous les calculs de coefficients d'émission des sols, et l'ensemble des facteurs décrits précédemment dans les sections traitant du degré d'incertitude. Une mise à jour de l'analyse de l'incertitude est prévue dans le but d'intégrer les coefficients d'émission de N_2O du sol révisés qui sont indiqués dans le présent rapport.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.1.8.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en format électronique.

5.4.1.8.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.1.8.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle. D'autres analyses visant à établir une mise à niveau et à estimer l'incertitude de la tendance à moyen terme seront menées.

5.4.2. Émissions indirectes de N_2O des terres aménagées (catégorie 3.D.2 des TCD)

Une fraction du N présent à la fois dans les engrais organiques et inorganiques épandus sur les champs agricoles est transportée hors site par lessivage, ruissellement ou volatilisation sous forme de NH_3 et de NO_x et par dépôt ultérieur. Le transport du N hors site depuis les sols agricoles entraîne une accumulation de N dans d'autres écosystèmes, où l'azote est ultérieurement soumis aux processus de nitrification ou de dénitrification qui produisent du N_2O.

5.4.2.1. Dépôt atmosphérique d'azote (catégorie 3.D.2.a des TCD)

5.4.2.1.1. Description de la catégorie

Lorsque des engrais organiques ou inorganiques sont appliqués sur des terres cultivées, une portion du N est perdue par volatilisation sous forme de NH_3 ou de NO_x, qui peut alors se redéposer ailleurs et continuer à se transformer, entraînant des émissions de N_2O en dehors du site. La quantité de ce N volatilisé dépend de plusieurs facteurs, comme les taux d'application d'azote provenant des engrais et du fumier, les types d'engrais, les modes et le moment d'application du N, la texture des sols, les précipitations, la température et le pH des sols.

5.4.2.1.2. Questions de méthodologie

Peu de données scientifiques ont été publiées qui déterminent les émissions de N_2O dues au dépôt atmosphérique du NH_3 et des NO_x. Il est possible que le N qui est lessivé, notamment dans les eaux souterraines, ou qui s'est volatilisé ne subisse aucune nitrification ni dénitrification pendant de nombreuses années. Bien que les émissions indirectes de N_2O des sols agricoles représentent une catégorie clé de sources en ce qui a trait à l'évaluation du niveau et de la tendance pour le Canada, il est difficile de définir une durée et des limites puisque les Lignes directrices 2006 du GIEC ne fournissent aucune méthode normalisée pour calculer les coefficients d'émission de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006).

Une méthode propre au pays est utilisée pour estimer les émissions de NH_3 découlant de l'épandage sur les sols d'engrais à base de N inorganique et de fumier de bovins laitiers et de porcs contenant du N. La méthode de calcul des coefficients d'émission de NH_3 provenant de l'épandage d'azote inorganique suit étroitement le modèle utilisé par Sheppard et al. (2010) pour calculer des coefficients d'émission propres à diverses écorégions du Canada. Les coefficients d'émission de NH_3 sont calculés en fonction du type d'engrais azoté inorganique, du degré d'intégration dans le sol, du type de culture et des propriétés chimiques du sol.

Les conditions des sols agricoles au Canada varient de semi-arides à humides. D'après l'analyse présentée dans la plus récente mise à jour sur les méthodes du GIEC, il a été déterminé qu'il serait plus exact d'utiliser les coefficients d'émission par défaut de la révision du GIEC de 0,014 kg N_2O-N kg^{-1} N pour les climats humides et de 0,005 kg N_2O-N kg^{-1} N pour les climats arides (GIEC, 2019) pour estimer les émissions indirectes dans les conditions canadiennes que le coefficient d'émission par défaut publié dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Dans le cas des bovins laitiers et des porcs, la quantité de N du fumier étant susceptible de diminuer en raison des pertes par volatilisation de NH_3 après l'épandage, elle a été estimée au moyen de la version révisée du modèle canadien des émissions de NH_3 (Sheppard et al., 2011b; Chai et al., 2016) pour établir des facteurs de perte de N propres aux écorégions selon le type d'animal et le SGDA. Dans le cas de tous les autres animaux, les fractions de perte par volatilisation par défaut, fournies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), ont été utilisées pour estimer la perte de N sous forme d'émissions de NH_3 du fumier épandu sur les sols.

5.4.2.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Effectuée au moyen de la méthode de Monte-Carlo, l'analyse de l'incertitude associée aux émissions indirectes de N_2O attribuables au dépôt atmosphérique d'azote tient compte du degré d'incertitude entourant les paramètres définis dans la méthodologie de Niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et du degré d'incertitude de l'estimation des émissions de NH_3.

L'estimation des émissions de N_2O issues de la volatilisation et du dépôt, qui est de 0,92 Mt pour 2024, présente une plage d'incertitude de -75 % à +110 %, ou 0,23 Mt à 1,9 Mt (Tableau 5–7). La plus grande part d'incertitude est associée au coefficient d'émission de Niveau 1 du GIEC, qui est de 1 % (plage d'incertitude : 0,2 % à 5 %). Une analyse de l'incertitude à jour sera effectuée à une date future. Cependant, le remplacement du coefficient d'émission provenant des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) par des coefficients propres au climat tirés de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) devrait diminuer la plage d'incertitude des nouveaux coefficients, donc leur incertitude.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.4.2.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.4.2.1.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

5.4.2.2. Lessivage et ruissellement de l'azote (catégorie 3.D.2.b des TCD)

5.4.2.2.1. Description de la catégorie

Lorsque des engrais azotés organiques ou inorganiques, ou des résidus de culture sont épandus sur des terres cultivées, une partie du N de ces sources est perdue par lessivage et ruissellement. L'ampleur de cette déperdition dépend de plusieurs facteurs, comme la dose et la méthode d'épandage, le type de culture, la texture du sol, les précipitations et le paysage. Ce volume de N perdu peut subir d'autres transformations comme la nitrification et la dénitrification, ce qui peut générer des émissions de N_2O hors des sites.

5.4.2.2.2. Questions de méthodologie

Peu de données scientifiques ont été publiées déterminant les émissions de N_2O attribuables au lessivage et au ruissellement au Canada. Comme dans le cas des émissions de N_2O attribuables à la volatilisation et au dépôt de NH_3 et de NO_x, cette source est peu définie puisque les Lignes directrices 2006 du GIEC ne fournissent aucune méthode normalisée pour calculer les coefficients d'émission de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006).

Une méthode de Niveau 1 modifiée du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N_2O qui résultent du lessivage et du ruissellement des engrais, du fumier et du N provenant des résidus de culture des sols agricoles. Pour estimer les émissions indirectes de N_2O résultant du ruissellement et du lessivage du N au niveau des écodistricts, la fraction de N perdue par lessivage et ruissellement ($FRAC_{LESSIVAGE}$) est multipliée par le volume de N inorganique et organique ainsi que par un coefficient d'émission de 0,0075 kg N_2O-N kg^{-1} N (GIEC, 2006).

La valeur par défaut de la $FRAC_{LESSIVAGE}$ dans les Lignes directrices révisées de 1996 est de 0,3. Cependant, la $FRAC_{LESSIVAGE}$ peut atteindre 0,05 dans les régions où les précipitations sont nettement inférieures à l'évapotranspiration potentielle, comme dans les Prairies (GIEC, 2006). C'est ainsi qu'on présume que la $FRAC_{LESSIVAGE}$ varie selon l'écodistrict entre un minimum de 0,05 et un maximum de 0,3. Pour les écodistricts sans déficit hydrique pendant la saison de croissance (de mai à octobre), la valeur maximale de la $FRAC_{LESSIVAGE}$ recommandée a été utilisée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), soit 0,3. La valeur minimale de $FRAC_{LESSIVAGE}$ de 0,05 est utilisée pour les écodistricts ayant le déficit hydrique le plus important. Pour les autres écodistricts, la valeur de la $FRAC_{LESSIVAGE}$ est estimée par extrapolation linéaire des deux points mentionnés ci-dessus.

5.4.2.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Effectuée au moyen de la méthode de Monte-Carlo, l'analyse de l'incertitude associée aux émissions indirectes de N_2O attribuables au lessivage et au ruissellement du N tient compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthodologie de Niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et du degré d'incertitude de l'estimation des émissions totales de N.

L'estimation des émissions de N_2O de 2,9 Mt attribuables au lessivage et au ruissellement du N en 2024 se situe dans une plage d'incertitude de -80 % à +100 %, ou 0,59 Mt à 5,9 Mt (Tableau 5–7). La plus grande part d'incertitude est associée au coefficient d'émission de Niveau 1 du GIEC, qui est de 0,75 % des émissions totales de N lessivé (plage d'incertitude de 0,05 % à 2,5 %) (GIEC, 2006).

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2024).

5.4.2.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.4.2.2.5. Recalculs

La minéralisation du carbone organique du sol révisée dans les Terres cultivées y a eu un effet mineur sur les émissions (< 1 kt d'éq. CO_2).

5.4.2.2.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

5.5. Émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F des TCD)

5.5.1. Description de la catégorie

Au Canada, les résidus de culture sont parfois brûlés, pour des raisons pratiques ou pour limiter la propagation de maladies par leur élimination. Toutefois, cette pratique a diminué en popularité depuis quelques années, en raison des préoccupations qu'elle suscite sur le plan de la qualité des sols et de l'environnement. L'incinération des résidus agricoles est une source nette de CH_4, de CO, de NO_x et de N_2O (GIEC, 2006).

5.5.2. Questions de méthodologie

Il n'existe aucune donnée publiée sur les émissions de N_2O et de CH_4 issues du brûlage dans les champs des résidus agricoles au Canada. Les coefficients par défaut et les paramètres tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) sont donc utilisés pour estimer les émissions.

À partir des données recueillies par Statistique Canada dans le cadre de son enquête sur la gestion des fermes (EGF)[3] et lors des consultations auprès des experts (Coote et al., 2008), une série chronologique complète des données sur les activités sur le type et le pourcentage des résidus de culture brûlés dans les champs a été élaborée.

Les paramètres propres aux cultures nécessaires à l'estimation de la quantité de résidus de culture brûlés, comme la teneur en humidité du produit cultivé et le rapport entre les résidus de culture au sol et le produit cultivé, sont tirés de Janzen et al. (2003), et concordent avec les valeurs utilisées pour estimer les émissions dues à la décomposition des résidus de culture.

5.5.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré d'incertitude des émissions de CH_4 et de N_2O provenant du brûlage dans les champs de résidus agricoles est déterminé au moyen de la méthode de Niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006).

Les incertitudes associées aux émissions de CH_4 et de N_2O causées par le brûlage des résidus agricoles découlent du volume des résidus de culture brûlés et des coefficients d'émission. D'après la superficie d'une culture semée particulière, le degré d'incertitude de la quantité de résidus de culture brûlés est estimé à ±50 % (Coote et al., 2008). Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) ne précisent aucun coefficient d'émission, mais ils sont présumés semblables aux coefficients d'émission du brûlage de la savane et des prairies, soit ±40 % pour le CH_4 et ±48 % pour le N_2O (GIEC, 2006). Les incertitudes concernant les estimations des émissions de CH_4 et de N_2O sont respectivement de ±64 % et de ±69 %.

5.5.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités et les méthodes sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.5.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.5.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

3 https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044

5.6. Émissions de CO_2 attribuables au chaulage (catégorie 3.G des TCD)

5.6.1. Description de la catégorie

Au Canada, la chaux agricole est parfois utilisée dans certaines cultures, comme la luzerne, pour neutraliser les sols acides, augmenter la capacité d'assimilation des éléments nutritifs du sol, en particulier le phosphore, réduire la toxicité des métaux lourds comme l'aluminium, et améliorer le milieu de croissance des cultures. Au cours du processus de neutralisation, du CO_2 est libéré lors des réactions d'équilibre du bicarbonate qui surviennent dans le sol. Le taux de rejet varie selon les conditions pédologiques et les composés épandus.

5.6.2. Questions de méthodologie

Les émissions associées à l'utilisation de chaux ont été calculées à partir de la quantité de chaux épandue chaque année et de la proportion de carbonate présente dans les minéraux servant au chaulage des sols qui se décompose et est libérée sous forme de CO_2. Les méthodes et les sources des données sont décrites à l'Annexe 3.4.

5.6.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les limites de l'intervalle de confiance à 95 % associé aux données sur la consommation annuelle de chaux sont estimées à ±30 %. Cette incertitude inclurait celle des ventes de chaux, celle sur le moment d'épandage de la chaux achetée, et celle sur le moment des émissions dues à l'épandage de chaux. Cette incertitude sur le plan du coefficient d'émission est de -50 %, selon les Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006). La moyenne et les incertitudes globales ont été estimées à 0,16 ± 0,14 Mt pour ce qui est du degré d'incertitude.

La même méthodologie a été utilisée dans l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (de 1990 à 2024).

5.6.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.6.5. Recalculs

L'inclusion des impuretés a eu peu d'incidence sur les émissions de CO_2. Celles-ci ont diminué de 20 kt en 1990, de 9 kt en 2005 et de 9 kt en 2023 (Tableau 5–9). La tendance à long terme est passée de 160 % à 163 % et celle à court terme est demeurée à 118 %.

Tableau 5–9 **Recalcul des estimations des émissions de CO_2 et leur incidence sur les tendances des émissions attribuables au chaulage**

Source d'émission	Année	Année de soumission	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO_2)	Variation des émissions (kt d'éq. CO_2)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Chaulage	1990	2025	1 191	-20	-2	Long terme (1990–2023)	
		2026	1 171			160	163
	2005	2025	1 421	-9	-1		
		2026	1 412			Court terme (2005–2023)	
	2023	2025	3 091	-9	0	118	118
		2026	3 082				

5.6.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

5.7. Émissions de CO_2 attribuables à l'application d'urée (catégorie 3.H des TCD)

5.7.1. Description de la catégorie

Lorsque de l'urée ($CO[NH_2]_2$) ou des engrais azotés à base d'urée sont épandus sur le sol pour accroître la production de cultures, du CO_2 est libéré à la suite de l'hydrolyse de l'urée. Selon les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), la quantité de CO_2 rejetée dans l'atmosphère doit être comptabilisée comme une émission. En plus de l'urée, les agriculteurs canadiens utilisent aussi des volumes importants d'engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée (28-0-0) dans un mélange de 30 % de $CO(NH_2)_2$.

5.7.2. Questions de méthodologie

Les émissions d'urée associées à l'épandage d'urée ont été calculées à partir de la quantité d'urée ou d'engrais à base d'urée appliqués chaque année, et de la quantité de carbone contenue dans l'urée libérée sous forme de CO_2 après l'hydrolyse. Les méthodes et les sources de données figurent à l'Annexe 3.4.

5.7.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les limites de l'intervalle de confiance de 95 % associé aux données sur la consommation annuelle d'urée ou d'engrais à base d'urée sont estimées à ±15 %. L'estimation de l'incertitude associée aux émissions est fondée sur une simple propagation des erreurs à partir de l'incertitude du sondage et d'une incertitude de -50 % associée au coefficient d'émission précisé dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). L'incertitude globale est estimée à 2,9 ± 1,4 Mt.

La même méthodologie et les mêmes sources de données ont été utilisées pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions. La consommation d'urée au Canada a augmenté considérablement de 1990 à 2024 et présente une variabilité interannuelle relativement élevée pouvant atteindre ±25 % par année. Bien qu'il ne soit pas possible d'indiquer les coefficients précis qui entraînent une variabilité interannuelle, les livraisons d'engrais à base d'urée au Canada fluctuent notamment selon le prix et les facteurs climatiques influant sur les cultures.

5.7.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 selon le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont documentées et archivées en formats papier et électronique.

5.7.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

5.7.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

CHAPITRE 6

AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE (SECTEUR 4 DES TCD)

6.1.	Aperçu	209
6.2.	Définitions des catégories de terres et représentation des terres aménagées	213
6.3.	Terres forestières (catégorie 4.A des TCD)	216
6.4.	Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G des TCD)	225
6.5.	Terres cultivées (catégorie 4.B des TCD)	229
6.6.	Prairies (catégorie 4.C des TCD)	240
6.7.	Terres humides (catégorie 4.D des TCD)	241
6.8.	Établissements (catégorie 4.E des TCD)	250
6.9.	Conversion des forêts	256

6.1. Aperçu

Le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) déclare les flux de gaz à effet de serre (GES) entre l'atmosphère et les terres aménagées du Canada, de même que les flux associés aux changements d'affectation des terres et aux émissions provenant des produits ligneux récoltés (PLR) dérivés de ces terres. La présente évaluation englobe les émissions et les absorptions de dioxyde de carbone (CO_2) associées aux variations des stocks de carbone (C) et les émissions de CO_2, de méthane (CH_4), d'oxyde nitreux (N_2O) et de monoxyde de carbone (CO)[1] attribuables au brûlage dirigé de la biomasse. De plus, elle couvre les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant des sols forestiers organiques drainés, ainsi que les activités spécifiques aux terres humides, comme le drainage et le remouillage, ainsi que les émissions de N_2O résultant de la conversion des terres en terres cultivées.

Les flux nets estimés de GES du secteur ATCATF, qui représentent la somme des flux de CO_2[2] et des émissions de gaz autres que le CO_2 et des absorptions de CO_2, correspondaient à des émissions nettes de 61 Mt en 1990, de 81 Mt en 2005 et de 4,3 Mt en 2024[3]. Lorsque ces chiffres sont inclus dans les totaux nationaux, les estimations des flux nets entraînent une augmentation de 10 % en 1990, de 11 % en 2005 et de 0,64 % en 2024 des émissions totales de GES du Canada. Le Tableau 6–1 présente les estimations des flux nets dans les principales catégories et sous-catégories du secteur ATCATF pour 1990, 2005 et les dernières années. La série chronologique complète des estimations du secteur ATCATF est donnée au Tableau 10 de la série de Tableaux communs de déclaration (TCD).

Les catégories Terres forestières, Terres cultivées et Produits ligneux récoltés ont eu la plus grande influence sur les totaux du secteur. Des flux positifs nets (c.-à-d. des émissions de C) ont été déclarés dans le secteur ATCATF pour toutes les années de la série chronologique sauf une (2023)[4]. Les émissions de C ont augmenté de 20 Mt au cours de la période de 1990 à 2005, après quoi elles ont diminué en raison de la tendance à la baisse des émissions nettes dans la catégorie Terres forestières, quoique cette tendance soit influencée par la variabilité annuelle dans la catégorie Terres cultivées.

Les émissions et les absorptions du secteur forestier au Canada sont composées des flux nets provenant de peuplements forestiers issus d'une récolte ou de peuplements matures sur le plan commercial qui se sont rétablis après des perturbations naturelles, et la variation nette correspondante du stockage mondial de carbone dans les PLR extraits de forêts canadiennes, qui résulte des nouveaux produits et de l'élimination des produits qui ont atteint la fin de leur vie utile ou ont été utilisés pour la bioénergie.

1 Les émissions de CO sont déclarées comme du CO dans le Tableau 4 des TCD, mais ne sont pas incluses dans les totaux sectoriels; elles sont plutôt déclarées comme des émissions indirectes de CO_2 dans le Tableau 6 des TCD. À moins d'indication contraire, l'ensemble des émissions et des absorptions déclarées pour le secteur ATCATF n'incluent pas les émissions indirectes de CO_2 provenant du CO.

2 À moins d'indication contraire, toutes les émissions et absorptions sont exprimées en équivalents CO_2 (éq. CO_2).

3 Toutes les valeurs associées aux estimations et aux données sur les activités ont été arrondies, sauf dans les cas où il est nécessaire d'expliquer certains détails des estimations ou des tendances qui peuvent être masqués par l'arrondissement.

4 Les données sur la série chronologique entière sont accessibles sur le site Web des données ouvertes : https://data.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr.

L'aménagement des forêts a entraîné une augmentation des émissions nettes dans la catégorie Terres forestières, lesquelles sont passées de 80 Mt en 1990 à 146 Mt en 2005. Cette augmentation des émissions est attribuable aux effets de l'exploitation forestière accrue et, dans une moindre mesure, à l'augmentation de la mortalité liés aux insectes, ces deux phénomènes ayant ensemble entraîné une réduction nette de l'absorption du C de l'atmosphère par la composante anthropique des forêts aménagées. Les émissions nettes imputables aux Terres forestières sont ensuite revenues aux niveaux antérieurs et représentent maintenant une absorption nette de 1,2 Mt en 2024. Ce retour était principalement attribuable aux taux de récolte réduits par rapport à ceux observés au début des années 2000 et à l'évolution de la structure des classes d'âge de la forêt.

Le flux net dans la catégorie des Produits ligneux récoltés[5] a fluctué entre -61 Mt et +1,0 Mt durant la période de 1990 à 2024. Ces tendances sont liées de près aux récoltes anciennes et actuelles. L'effet des anciennes récoltes se produit lorsque le C issu des produits récoltés il y a plusieurs décennies est graduellement émis durant la période de déclaration, alors que les nouvelles récoltes stockent du nouveau C dans le réservoir des PLR. La valeur minimum (stockage de -61 Mt) a été enregistrée en 2004, ce qui correspond aux taux de récolte les plus élevés, et la valeur maximale (une perte nette de +1 Mt), en 2009, lorsque les taux de récolte étaient à leur minimum (Figure 6–2).

Le flux net combiné des catégories Terres forestières et Produits ligneux récoltés, cette dernière englobant les PLR des activités de conversion des forêts et de la récolte de bois de chauffage de terres non forestières depuis 1990, se chiffrait à une émission nette de 40 Mt en 1990 et une absorption nette de 1,8 Mt en 2024, et atteignait un sommet à 90 Mt d'émissions nettes en 2005.

Tableau 6–1 **Aperçu des estimations des flux nets de gaz à effet de serre du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, certaines années**

Catégories sectorielles	Flux net de GES (kt d'éq. CO_2)[b]							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE – TOTAL[a]	**61 000**	**81 000**	**16 000**	**26 000**	**14 000**	**46 000**	**-8 700**	**4 300**
Terres forestières 4.A	**79 000**	**150 000**	**36 000**	**36 000**	**29 000**	**15 000**	**1 300**	**-1 200**
Terres forestières dont la vocation n'a pas changé 4.A.1	80 000	150 000	36 000	36 000	29 000	15 000	1 400	-1 200
Terres converties en terres forestières 4.A.2	-1 000	-950	-300	-240	-170	-130	-130	17
Terres cultivées 4.B	**5 600**	**-20 000**	**-12 000**	**-10 000**	**-14 000**	**24 000**	**-21 000**	**-3 600**
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé 4.B.1	-7 000	-25 000	-19 000	-17 000	-21 000	17 000	-27 000	-10 000
Terres converties en terres cultivées 4.B.2	13 000	5 000	6 200	6 600	6 800	6 800	6 500	6 500
Prairies 4.C	**0,7**	**0,9**	**1,3**	**1,3**	**1,3**	**1,3**	**1,3**	**1,3**
Prairies dont la vocation n'a pas changé 4.C.1	0,7	0,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Terres converties en prairies 4.C.2	I	I	I	I	I	I	I	I
Terres humides 4.D	**10 000**	**7 000**	**5 600**	**5 600**	**6 000**	**5 700**	**5 500**	**5 400**
Terres humides dont la vocation n'a pas changé 4.D.1	4 300	6 300	5 000	4 900	4 900	4 900	4 800	4 800
Terres converties en terres humides 4.D.2	5 900	660	620	640	1 100	820	740	680
Établissements 4.E	**4 900**	**5 100**	**5 000**	**4 700**	**4 600**	**4 500**	**4 600**	**4 300**
Établissements dont la vocation n'a pas changé 4.E.1	-3 900	-4 000	-4 100	-4 100	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000
Terres converties en établissements 4.E.2	8 800	9 100	9 000	8 800	8 700	8 600	8 600	8 300
Autres terres 4.F	**NE, I**	**NE, I**	**NE, I**	**NE, I**	**NE, I**	**NE, I**	**NE, I**	**NE, I**
Produits ligneux récoltés 4.G	**-39 000**	**-57 000**	**-18 000**	**-10 000**	**-11 000**	**-3 000**	**730**	**- 630**
Conversion des forêts[c]	*27 000*	*20 000*	*20 000*	*20 000*	*20 000*	*19 000*	*19 000*	*19 000*
Émissions indirectes de CO_2[d]	*490*	*570*	*450*	*440*	*450*	*390*	*340*	*340*
Perturbations naturelles[e]	*-130 000*	*8 500*	*140 000*	*2 700*	*290 000*	*89 000*	*1 000 000*	*430 000*

Notes :
NE = Non estimé
I = Inexistant
a. Comme les chiffres ont été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
b. Les signes négatifs indiquent les absorptions nettes de CO_2 de l'atmosphère.
c. Ne constitue pas une catégorie de déclaration, puisqu'elle chevauche les sous-catégories Terres converties en terres cultivées, Terres converties en terres humides et Terres converties en établissements.
d. Émissions indirectes de CO_2 provenant de l'oxydation atmosphérique de CO et imputables au brûlage dirigé de la biomasse (déclarées dans le Tableau 6 des TCD).
e. Ne constitue pas une catégorie de déclaration. Cette ligne a été ajoutée à des fins de transparence seulement et indique le bilan net des émissions/absorptions découlant des perturbations naturelles dans les forêts aménagées, en incluant les émissions indirectes de CO_2 attribuables à l'oxydation atmosphérique du CO produit par les feux de forêt.

5 Comprenant les PLR provenant de forêts aménagées et de terres déboisées (conversion des forêts) et le bois de chauffage récolté sur des terres non forestières.

Les émissions et les absorptions des peuplements qui récupèrent de perturbations naturelles, que nulle intervention humaine ne peut empêcher, font l'objet d'un suivi distinct de celles issues des peuplements dans la composante anthropique des émissions. Malgré cette distinction, les perturbations naturelles peuvent faire augmenter de façon importante les émissions de GES et les absorptions subséquentes dans la forêt aménagée et afficher une grande variabilité interannuelle qui masque le rôle des activités d'aménagement sur le C forestier (pour des précisions, consulter la section 6.3.1.2). Depuis 1990, les flux nets des terres affectées par les perturbations naturelles ont varié entre des absorptions de 141 Mt en 1992 à des émissions maximales de 940 Mt en 2023 (année record sur le plan des feux de forêt au cours de la période de déclaration). Les émissions et les absorptions ont eu tendance à être plus élevées depuis le milieu des années 2000 comparativement au début de la période de déclaration à l'inventaire (Tableau 6–1) en raison de la fréquence accrue des feux de forêt et des perturbations causées par les insectes. Depuis 2018, les émissions issues des terres touchées par des perturbations, qu'il s'agisse des feux ou des insectes, sont estimées en moyenne à 290 Mt, perturbations ayant constitué une source d'émissions nettes depuis le début des années 2000. Les effets des feux de forêt ont continuellement augmenté dans les Terres forestières canadiennes au cours de la période de déclaration, culminant en 2023 par une superficie totale brûlée de 7,9 Mha dans la forêt aménagée, la plus grande superficie brûlée depuis le début des enregistrements nationaux.

Des changements apportés aux pratiques de gestion des terres agricoles dans l'Ouest canadien, tels que l'adoption de pratiques de conservation du sol conjuguée à la réduction de la mise en jachère des terres et à l'augmentation du rendement de culture qui ont fait augmenter l'apport de C aux sols, ont fait augmenter les absorptions nettes de CO_2 dans la catégorie des Terres cultivées de 1990 à 2006. Cette tendance s'est accentuée davantage par une conversion moindre d'autres terres en terres cultivées pendant la même période. Cependant, depuis 2006, une diminution du taux d'adoption de pratiques de conservation du sol, une tendance vers la conversion de cultures pérennes en cultures annuelles et, plus récemment, un certain accroissement de la conversion de Terres forestières et de Prairies en Terres cultivées ont entraîné une stabilisation et une baisse des absorptions dans les Terres cultivées. Cette tendance est en partie atténuée par une augmentation des apports de C au sol issus des pratiques en matière de récoltes annuelles. Cependant, les mauvaises récoltes et les rendements exceptionnels périodiques découlant principalement des variations dans les conditions météorologiques augmentent la variabilité interannuelle des apports de C au sol et, par conséquent, des émissions et des absorptions. Parmi les exemples notables, les sommets d'émissions en 1993 (8,2 Mt), en 2003 (9,7 Mt) et en 2022 (24 Mt), attribuables aux sécheresses dans l'Ouest canadien, et les sommets d'absorptions en 2009 (34 Mt) et en 2014 (40 Mt), associés à de hauts rendements des cultures. Par conséquent, il faut user de prudence dans l'interprétation des tendances à court terme.

Au cours de la période de 1990 à 2024, les flux nets pour la catégorie des Terres humides (Extraction de tourbe, Terres inondées et Extraction de ressources) ont varié d'un sommet de 10 Mt (1990) à un creux de 5,4 Mt (2024). Les tendances dans cette catégorie sont principalement dues à la création de grands réservoirs avant 1990, ce qui a fait augmenter les émissions résiduelles entre 1990 et 1993. Les émissions provenant des Terres inondées (réservoirs) en 2024 représentaient 71 % de toutes les émissions de la catégorie des Terres humides, comparativement à 94 % en 1990. Les émissions découlant de la conversion des terres forestières et autres terres durant l'expansion des tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe et l'aménagement de réservoirs (dans la catégorie des Terres converties en terres humides), surtout au début de la série chronologique, ont diminué pendant la période de déclaration, passant de 5,9 Mt à 0,7 Mt.

Les émissions nettes déclarées dans la catégorie des Établissements ont varié de 3,7 Mt (1995) à 6,3 Mt (2014), surtout en raison du taux de conversion des terres forestières et des terres humides, dont les émissions étaient respectivement de 7,9 Mt et de 0,31 Mt en 2024. Ces émissions sont compensées en moyenne de 47 % tout au long de la période de déclaration par la croissance des arbres en zones urbaines, croissance responsable d'absorptions relativement constantes d'environ 4,0 Mt par an.

La conversion des forêts ne constitue pas une catégorie de déclaration en soi, puisqu'elle chevauche les catégories Terres converties en terres cultivées, Terres converties en terres humides et Terres converties en établissements. Ces catégories étant prises ensemble, les émissions attribuables à la conversion de forêts ont diminué, passant de 27 Mt en 1990 à 18 Mt en 2010 et atteignant 19 Mt en 2024. Le déclin à long terme relativement à 1990 est principalement dû à une diminution de la conversion de forêts en terres cultivées, en terres humides et en établissements, qui ont réduit les émissions de respectivement 5,2 Mt, 2,5 Mt et 0,78 Mt. De 2010 à 2024, les émissions globales sont demeurées relativement stables à environ 18 à 20 Mt, ce qui reflète les changements inverses parmi les catégories d'affectation des terres et non un déclin continu des taux de conversion; en 2024, les émissions de la conversion en terres cultivées avaient augmenté de 3,0 Mt en comparaison avec 2010, alors que celles de la conversion en terres humides et en établissements avaient respectivement diminué de 1,4 Mt et de 0,6 Mt.

Pour éviter une double comptabilisation, les estimations des variations dans le stock de C aux tableaux 4.A à 4.E des TCD excluent les émissions rejetées sous forme de CO_2, de CH_4 et de CO par la combustion de biomasse, et les émissions de CO_2 et de CH_4 issues du drainage et du remouillage des sols organiques. Les émissions de C rejetées sous forme de CO_2 et de CH_4 par la combustion de la biomasse sont déclarées au Tableau 4(V), de même que les émissions de N_2O. Les émissions de C sous forme de CO_2 et de CH_4 provenant du drainage des sols organiques des forêts et du drainage et du remouillage des terres humides sont présentées dans le Tableau 4(II) des TCD, de même que les émissions de N_2O. Les émissions de C sous forme de CO sont déclarées comme telles dans le Tableau 4 des TCD, mais ne sont pas incluses dans les totaux sectoriels; elles sont plutôt déclarées comme des émissions indirectes de CO_2 dans le Tableau 6 des TCD. Les émissions et les absorptions de CO_2 et les émissions de CH_4, de N_2O et de CO sont automatiquement comptabilisées dans le Tableau 4 des TCD.

Tableau 6–2 **Sommaire des recalculs des estimations déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, certaines années**

Catégories sectorielles		1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023
Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie – TOTAL[a]	**kt**	**11 000**	**15 000**	**1 700**	**750**	**- 450**	**-5 000**	**-13 000**
	%	**23 %**	**23 %**	**12 %**	**3,0 %**	**-3,0 %**	**-10 %**	**-310 %**
Terres forestières 4.A	**kt**	**6 200**	**10 000**	**-4 000**	**-4 000**	**-5 200**	**-7 000**	**-22 000**
	%	**9 %**	**8 %**	**-10 %**	**-10 %**	**-15 %**	**-32 %**	**-94 %**
Terres forestières dont la vocation n'a pas changé 4.A.1	kt	6 300	10 000	-4 000	-4 000	-5 200	-7 000	-22 000
	%	9 %	8 %	-10 %	-10 %	-15 %	-32 %	-94 %
Terres converties en terres forestières 4.A.2	kt	-87	-63	-12	-0,11	0,89	2,3	-2,1
	%	9 %	7,1 %	4,3 %	0,04 %	-0,5 %	-1,8 %	1,7 %
Terres cultivées 4.B	**kt**	**97**	**250**	**3 000**	**2 600**	**2 100**	**-1 300**	**1 100**
	%	1,8 %	-1,2 %	-20 %	-20 %	-13 %	-5,4 %	-5,1 %
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé 4.B.1	kt	650	490	2 000	750	320	-2 800	- 120
	%	-8,4 %	-1,9 %	-9,6 %	-4,2 %	-1,5 %	-14 %	0,4 %
Terres converties en terres cultivées 4.B.2	kt	- 550	- 240	1 000	1 800	1 800	1 500	1 200
	%	-4,2 %	-4,6 %	20 %	38 %	36 %	28 %	23 %
Prairies 4.C	**kt**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	%	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Prairies dont la vocation n'a pas changé 4.C.1	kt	-	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	-	-	-	-	-
Terres humides 4.D	**kt**	**5 000**	**4 300**	**2 900**	**2 700**	**3 200**	**3 000**	**2 900**
	%	97 %	160 %	110 %	95 %	120 %	120 %	110 %
Terres humides dont la vocation n'a pas changé 4.D.1	kt	3 100	4 100	2 700	2 600	2 600	2 500	2 400
	%	270 %	190 %	120 %	120 %	110 %	110 %	100 %
Terres converties en terres humides 4.D.2	kt	1 900	150	190	68	660	530	500
	%	22 %	1,7 %	2,0 %	0,72 %	6,9 %	5,7 %	5,4 %
Établissements 4.E	**kt**	**130**	**340**	**- 290**	**- 580**	**- 850**	**- 700**	**- 460**
	%	**2,7 %**	**7,2 %**	**-5,4 %**	**-11 %**	**-16 %**	**-13 %**	**-9,2 %**
Établissements dont la vocation n'a pas changé 4.E.1	kt	2,0	36	56	56	78	86	84
	%	-0,05 %	-0,89 %	-1,4 %	-1,4 %	-1,9 %	-2,1 %	-2,0 %
Terres converties en établissements 4.E.2	kt	130	300	- 340	- 640	- 930	- 790	- 550
	%	1,4 %	3,5 %	-3,6 %	-6,8 %	-10 %	-8,4 %	-6,0 %
Produits ligneux récoltés 4.G	**kt**	**-150**	**23**	**110**	**14**	**250**	**1 000**	**5 800**
	%	0,40 %	-0,04 %	-0,65 %	-0,14 %	-2,2 %	-26 %	-110 %
Conversion de forêts[b]	*kt*	*2 500*	*2 900*	*2 200*	*2 500*	*2 400*	*2 100*	*2 100*
	%	*9,9 %*	*17 %*	*12 %*	*14 %*	*14 %*	*12 %*	*12 %*

Notes :
Le trait d'union (-) indique qu'il n'y a pas eu de recalcul.
a. Comme les chiffres ont été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
b. Ne constitue pas une catégorie de déclaration.

L'effet cumulatif des recalculs dans le secteur de l'ATCATF (Tableau 6–2) a donné lieu à des recalculs à la hausse de 11 Mt d'éq. CO_2 en 1990, 15 Mt d'éq. CO_2 en 2005 et à la baisse de 13 Mt d'éq. CO_2 en 2023.

Pour des précisions sur les modifications apportées, consulter les sections 6.3 à 6.9, le Tableau 6–2, le Tableau 6–3 et le Chapitre 8.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a établi des mécanismes de gouvernance pour la déclaration des émissions dans le secteur ATCATF en concluant des protocoles d'entente avec Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (RNCan-SCF) pour la planification, la coordination et l'élaboration des estimations relatives aux catégories Terres forestières et Terres cultivées. De plus, le ministère collabore avec de nombreux groupes de scientifiques et d'experts de divers ordres de gouvernement et établissements de recherche pour produire des estimations dans d'autres catégories d'affectation des terres.

Les améliorations prévues comprennent l'ajustement continu des absorptions et des émissions anthropiques découlant de l'aménagement forestier et une communication plus transparente à leur sujet, ainsi que des ajustements continus de la structure du modèle des PLR et des données sur les activités, l'achèvement des estimations d'incertitude dans toutes les catégories du secteur ATCATF et l'intégration graduelle de la quantification des catégories manquantes d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres. Pour des précisions, consulter les sections 6.3 à 6.9 dans le présent chapitre, la section 8.3.1 dans le Chapitre 8, ainsi que le Tableau 8–5.

Tableau 6–3 **Sommaire des changements dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie**

Liste des changements	Catégorie de changement	Années concernées
Terres forestières		
Modifications de l'architecture informatique et amélioration du code	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Mise à jour des paramètres de la matière organique morte	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Mise à jour de l'activité d'afforestation	Mise à jour des données sur les activités	2020
Mise à jour de l'activité d'afforestation et de reforestation dans le cadre du programme 2 milliards d'arbres (2GA)	Mise à jour des données sur les activités	2023-2024
Données sur les activités de déforestation : mise à jour de la période de cartographie P6	Mise à jour des données sur les activités	2015-2024
Aménagement forestier	Mise à jour des données sur les activités	2020-2023
Améliorations des données sur les activités de bois de chauffage résidentiel	Mise à jour des données sur les activités	Toute la série chronologique
Feux de forêt	Mise à jour des données sur les activités	2023-2024
Corrections aux données sur les activités de 2024 en lien avec les insectes	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Terres cultivées		
Révision de l'apport en C issue de la procédure estimant les résidus de culture et améliorations mineures apportées au rendement des récoltes	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Révisions mineures à la superficie sous-jacente aux sols organiques	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Données sur les activités de déforestation : mise à jour de la période de cartographie P6	Mise à jour des données sur les activités	2015-2024
Terres humides		
Mises à jour dans les terres inondées : série chronologique relative à plusieurs données sur les activités; CE selon les conditions propres au Canada	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Nouvelle méthode de déclaration en ce qui a trait à l'aménagement des terres humides à des fins d'extraction des ressources	Recommandation de l'EEET	Toute la série chronologique
Données sur les activités de déforestation : mise à jour de la période de cartographie P6	Mise à jour des données sur les activités	2015-2024
Établissements		
Les transferts de carbone dans le réservoir de PLR sont maintenant déclarés dans la catégorie de source des Terres	Recommendation de l'EEET	Toute la série chronologique
Nouvelle méthode de déclaration en ce qui a trait au changement d'affectation des terres humides à des fins d'extraction des ressources	Recommandation de l'EEET	Toute la série chronologique
Données sur les activités de déforestation : mise à jour de la période de cartographie P6	Mise à jour des données sur les activités	2015-2024
Produits ligneux récoltés		
Bioénergie résidentielle et type d'appareil	Mise à jour des données sur les activités	1990-2024
Bioénergie industrielle	Mise à jour des données sur les activités	1990-2023
Mise à jour des paramètres de conversion des PLR à partir des statistiques de la Food and Agriculture Organization (FAO)	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Données sur les activités d'incinération des déchets	Mise à jour des données sur les activités	Toute la série chronologique

Le reste du chapitre décrit plus en détails chacune des catégories de l'ATCATF. La section 6.2 présente la définition et la représentation des terres aménagées. La section 6.3 décrit la catégorie des Terres forestières, la section 6.4, celle des Produits ligneux récoltés, la section 6.5, celle des Terres cultivées, la section 6.6, celle des Prairies, la section 6.7, celles des Terres humides et la section 6.8, celles des Établissements. Enfin, la section 6.9 se concentre sur les estimations inter-catégorielles de la conversion des forêts.

Les méthodes d'inventaire détaillées et les sources des données sur les activités sont décrites à l'Annexe 3.5. Une compilation des coefficients d'émission et d'autres paramètres utilisés pour calculer et déclarer les estimations du secteur ATCATF est fournie à la section A6.5.

6.2. Définitions des catégories de terres et représentation des terres aménagées

Pour harmoniser toutes les estimations basées sur les terres, tous les groupes chargés d'établir les estimations ont adopté des définitions de travail communes des catégories de terres. Les définitions concordent avec les catégories de terres du GIEC (2006), tout en restant pertinentes pour les pratiques d'aménagement des terres, les conditions environnementales dominantes et les sources de données existantes au Canada. Le cadre s'applique à toutes les estimations du secteur ATCATF déclarées au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La catégorie des Terres forestières englobe toutes les superficies boisées d'au moins un hectare présentant un minimum de 25 % de couvert vertical au sol et des arbres de cinq mètres de hauteur, ou qui ont le potentiel d'atteindre cette hauteur. Les forêts canadiennes ne subissent pas toutes l'influence directe de l'activité humaine, d'où la question parfaitement

légitime quant aux superficies qui représentent fidèlement les « forêts aménagées ». Pour l'inventaire des GES, les forêts aménagées sont celles qui font l'objet d'une exploitation active des ressources en bois d'œuvre et autres (y compris les parcs) ou de mesures de protection contre les feux. L'Annexe 3.5 fournit d'autres précisions sur l'interprétation du concept de « forêts aménagées ».

Les terres agricoles comprennent à la fois la catégorie des Terres cultivées et celle des Prairies (à vocation agricole). Les Terres cultivées englobent toutes les terres exploitées en cultures annuelles, en jachère et en végétaux pérennes (essentiellement le fourrage, mais aussi les petits fruits, le raisin, les cultures de pépinière, les légumes, les arbres fruitiers et les vergers). Les Prairies à vocation agricole sont définies comme des pâturages ou de grands pâturages naturels « non améliorés » qui servent exclusivement à l'alimentation du bétail. Elles se trouvent dans les régions géographiques où les prairies ne retourneraient pas naturellement à l'état de forêt si elles étaient abandonnées : les prairies naturelles à herbe courte dans le sud de la Saskatchewan et de l'Alberta et dans les vallées montagneuses sèches de l'intérieur de la Colombie-Britannique. Toutes les terres agricoles qui ne sont pas rangées dans la catégorie des prairies sont automatiquement classées comme terres cultivées, y compris les pâturages non améliorés dont la végétation naturelle serait normalement celle d'une forêt (l'Est canadien et la majeure partie de la Colombie-Britannique).

Les formations végétales qui ne répondent pas à la définition de Terres forestières ou de Terres cultivées sont généralement classées comme des Prairies : les vastes étendues de toundra du Nord canadien sont considérées comme des prairies non aménagées.

Les Terres humides sont des zones dont l'état saturé permanent ou récurrent favorise l'établissement d'une végétation et l'amendement des sols caractéristiques de ces conditions et qui ne font pas partie des catégories des Terres forestières, des Terres cultivées ou des Prairies. Actuellement, les terres aménagées comprises dans la catégorie des Terres humides sont celles où l'intervention humaine a directement modifié la nappe phréatique, ce qui inclut les tourbières drainées pour en extraire la tourbe, les perturbations des tourbières causées par les activités d'extraction des ressources et les terres inondées pour les réservoirs (GIEC, 2006).

La catégorie des Établissements englobe toutes les terres bâties : urbaines, rurales, résidentielles et celles à vocation industrielle et récréative; les routes, les emprises et autres infrastructures de transport; de même que les terres utilisées pour l'exploration, l'extraction et le transport des ressources (exploitation minière, pétrolière et gazière). La diversité de cette catégorie a jusqu'ici empêché d'en évaluer toute l'étendue dans le paysage canadien. Toutefois, la conversion des Terres forestières, des Terres cultivées et des Prairies non aménagées (toundra) en Établissements, de même que la superficie occupée par les arbres des zones urbaines sont évaluées dans cette catégorie.

La catégorie des Autres terres comprend les substrats composés de roche, de glace ou de sol nu, et toutes les superficies terrestres qui n'entrent dans aucune autre des cinq catégories. À l'heure actuelle, les émissions découlant de la conversion d'Autres terres en terres inondées (réservoirs) et en Tourbières aménagées pour l'extraction de tourbe sont déclarées dans la catégorie des Terres humides.

Étant donné le mode de catégorisation des terres, certaines transitions dans les affectations des terres ne peuvent pas se produire; par exemple, la conversion de forêts en prairies agricoles, étant donné que, par définition, la catégorie des prairies agricoles exclut les zones où des forêts poussent naturellement. Puisque les prairies sont définies comme des « prairies indigènes », i ce type de transition ne se produit pas dans ce cadre.

La période de transition par défaut de 20 ans dans le changement d'affectation des terres établie par le GIEC est appliquée à toutes les catégories de changement d'affectation des terres, sauf les Terres converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe, où une période d'un an est employée. La période de transition d'un an représente le temps que prend la conversion des terres par des pratiques comme le drainage et l'enlèvement de la couche végétale de surface (acrotelme) en préparation à l'extraction de la tourbe. Le recours à la période de 20 ans n'est qu'une question de procédure, puisque des méthodes d'estimation de niveaux supérieurs sont utilisées pour la plupart des émissions et absorptions.

La matrice d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres (Tableau 6–4) illustre les superficies d'affectation des terres (cellules diagonales) et les superficies annuelles de changement d'affectation des terres (cellules non diagonales) en 2024. Les cellules diagonales de la catégorie des Terres forestières montrent les superficies totales de forêts aménagées associées à chacune des deux composantes (répercussions des perturbations anthropiques ou naturelles). Par conséquent, la catégorie des Terres forestières comprend l'ensemble des superficies de terres aménagées subissant des répercussions anthropiques (les estimations de GES de ces superficies sont déclarées dans les tableaux 4.A, 4(II) et 4(V) des TCD), ainsi que les superficies forestières touchées par des perturbations naturelles (pour des précisions sur l'approche qu'utilise le Canada pour isoler les effets des activités anthropiques sur les forêts aménagées, voir la section 6.3.1.2 et le Tableau 6–5). Les cellules diagonales relatives à la catégorie des Terres cultivées indiquent les superficies totales d'utilisation de terres cultivées, celles concernant la catégorie des Prairies se rapportent à la superficie totale des prairies agricoles aménagées, et celles des catégories des Terres humides et des Établissements ne concernent que les superficies où des activités causant des émissions de GES ou des absorptions de CO_2 ont eu lieu. La sous-catégorie des Prairies converties en établissements est utilisée pour déclarer les émissions de la conversion de terres de toundra non aménagées en Établissements dans le nord du Canada (voir la section 6.8.2.2). Chaque total des colonnes correspond à la superficie totale déclarée dans les TCD pour chaque catégorie des terres. Le Tableau 4.1 (Matrice de transition des terres) des TCD donne toute la série chronologique de la matrice d'affectations des terres et de changement d'affectation des terres.

Tableau 6–4 **Matrice d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2024**

Affectation initiale des terres	Affectation finale des terres (kha)						
	Terres forestières[a]		Terres cultivées	Prairies[b]	Terres humides[c]	Établissements[c]	Autres
	Composante anthropique	Composante de perturbation naturelle					
Terres forestières[a]	161 183	64 141	30	I	0,74	24	I
Composante anthropique	*161 385*	*663*	*30*	*I*	*0,74*	*24*	*I*
Composante de perturbation naturelle	*- 202*	*63 478*	*I*	*I*	*I*	*I*	*I*
Terres cultivées	8,0	I	45 525	I	NE[d]	11	I
Prairies	I	I	0,10	7 067	NE[d]	2,8	I
Terres humides[c]	I	I	NE[d]	I	6 381	0,25	I
Établissements[c]	I	I	NE[d]	I	I	992	I
Autres	I	I	I	I	0,46	I	NE[d]

Notes :
NE = Non estimé
I = Inexistant
kha = kilohectares
Les cellules non diagonales indiquent le taux annuel de changement d'affectation des terres, c.-à-d., la superficie totale de terres converties au cours de la dernière année d'inventaire.
Les superficies présentées dans ce tableau ne sont pas arrondies à des fins de cohérence entre les différents ordres de grandeur dans le tableau et avec les superficies déclarées dans les TCD. Il faut toutefois faire preuve de prudence au moment d'interpréter ces estimations, en raison de l'incertitude associée aux valeurs.
a. Comprend l'ensemble des zones forestières aménagées sous l'effet de perturbations anthropiques ou naturelles.
b. Comprend seulement les superficies de prairies agricoles.
c. Comprend seulement les superficies pour lesquelles des estimations sont présentées dans les TCD.
d. Ces zones sont classéees comme "Non estimé" (NE). Dans le Tableau 4.1 des TCD, elles sont indiquées comme "Inclus ailleurs" (IA), car seule la superficie totale des terres non aménagées est prise en compte.

Le cadre du secteur ATCATF comprend la conversion en d'autres catégories de terres de forêts non aménagées, de prairies et de terres dont la vocation n'avait pas été définie antérieurement. Dans tous les cas, les terres non aménagées converties à d'autres affectations sont ensuite considérées comme des terres « aménagées ». Les parcs et les aires protégées sont compris dans les terres aménagées.

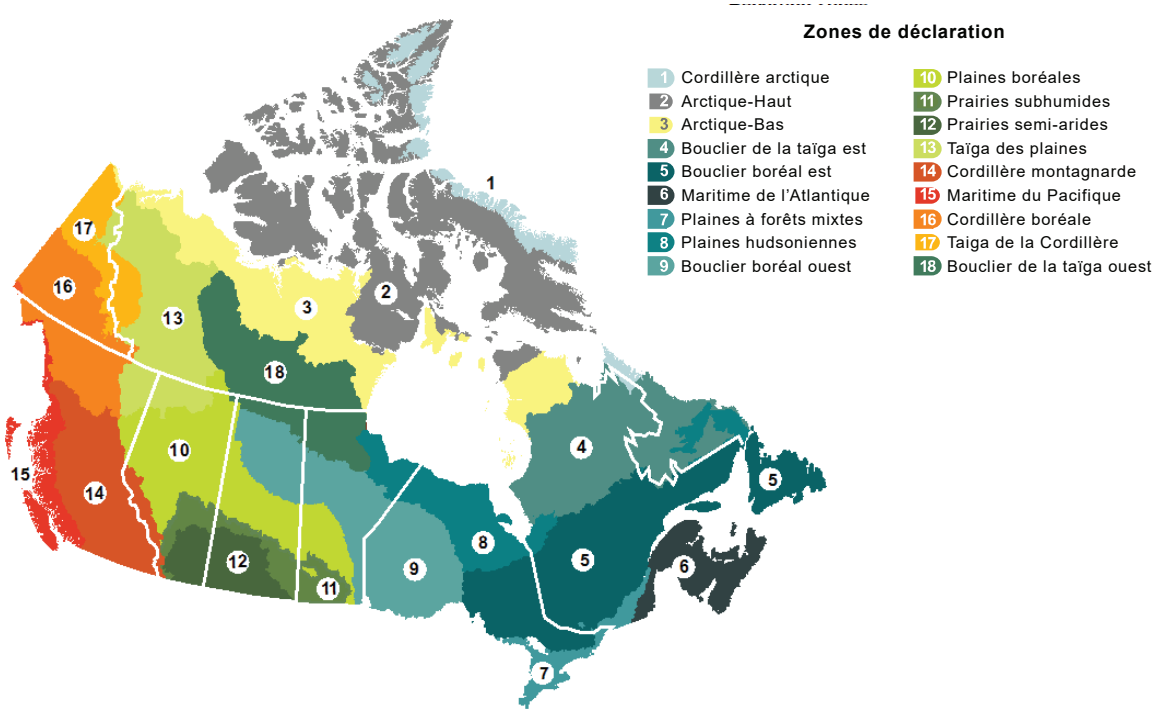
Les estimations du secteur ATCATF telles qu'elles sont déclarées dans les TCD sont spatialement rattachées aux « zones de déclaration » du Canada (Figure 6–1), qui correspondent essentiellement aux écozones terrestres du Canada (Marshall et Shut, 1999), à trois exceptions près : les écozones du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier sont subdivisées en secteurs est et ouest pour former quatre zones de déclaration, tandis que l'écozone des Prairies est subdivisée en un secteur semi-aride et un secteur subhumide. Les estimations de 17 des 18 zones de déclaration sont présentées. La seule exception est l'écozone de la Cordillère arctique, l'écozone la plus septentrionale du Canada, où il n'y a ni émissions ni absorptions directes de GES dues à l'activité humaine dans le secteur ATCATF. La section A3.5.1 précise davantage le cadre spatial d'estimation et de déclaration.

Les superficies déclarées dans les TCD sont celles qui servent à établir les estimations annuelles, mais pas toujours la superficie totale d'une catégorie ou d'une sous-catégorie de terres au cours d'une année d'inventaire donnée. Par exemple, les superficies de terres converties en terres inondées (réservoirs) ne représentent que les terres inondées au cours de la période de transition de 20 ans, et non la superficie totale des réservoirs au Canada. Pour approximer cette dernière, il faudrait tenir compte des Terres inondées dont la vocation n'a pas changé et des Terres converties en terres inondées prises ensemble.

De même, les superficies de terres converties déclarées dans les tableaux de référence des secteurs pertinents des TCD désignent la superficie totale cumulative convertie depuis 20 ans; il ne faut donc pas les confondre avec les taux annuels de changement d'affectation des terres. Les tendances observées dans les catégories de terres converties des TCD (les Terres converties en terres forestières, les Terres converties en terres cultivées, etc.) résultent de l'équilibre entre la superficie récemment convertie en une catégorie et le transfert des terres converties il y a plus de 20 ans en catégories de « terres dont la vocation n'a pas changé » (p. ex., Terres forestières dont la vocation n'a pas changé et Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé).

Les valeurs annuelles estimatives des superficies de forêts aménagées et non aménagées sont déclarées séparément dans le Tableau 4.1 des TCD; les superficies de terres non aménagées restantes déclarées dans le Tableau 4.1 des TCD comprennent les terres non aménagées et aménagées autres que forestières pour lesquelles aucune estimation des émissions et des absorptions n'est effectuée. Ces superficies sont déclarées dans ce tableau pour répondre aux exigences des lignes directrices de la CCNUCC d'inclure la superficie terrestre totale du pays (pour des précisions, consulter la section A3.5.1).

Figure 6–1 **Zones de déclaration aux fins des estimations du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie**



6.3. Terres forestières (catégorie 4.A des TCD)

Les forêts et autres terres boisées couvrent 410 millions d'hectares (Mha) du territoire canadien; à elles seules, les terres forestières occupent 370 Mha[6]. Les forêts aménagées couvrent 230 Mha, soit 62 % de l'ensemble des forêts. Quatre zones de déclaration (Bouclier boréal est, Plaines boréales, Cordillère montagnarde et Bouclier boréal ouest) concentrent 69 % des forêts aménagées.

En 2024, le bilan net des GES déclaré pour la composante anthropique des Terres forestières aménagées (voir la section 6.3.1.2) correspondait à une absorption de -1,2 Mt (Tableau 6–1 et Tableau 4 des TCD).

L'estimation de la catégorie des Terres forestières comprend les émissions et absorptions nettes de CO_2, de même que les émissions de N_2O et de CH_4 résultant du brûlage des résidus et du brûlage dirigé, ainsi que du drainage des sols organiques des forêts. Pour respecter les exigences relatives à la production de rapport de la CCNUCC, la catégorie des Terres forestières est subdivisée en Terres forestières dont la vocation n'a pas changé (composante anthropique; 160 Mha, absorption nette de -1,2 Mt en 2024) et en Terres converties en terres forestières (0,04 Mha, émissions nettes de 0,02 Mt en 2024). Quant à la composante naturelle du système de surveillance du carbone, les estimations à son sujet pour les Terres forestières sont déclarées dans ce chapitre (voir le Tableau 6–1), mais pas dans le total de ATCATF, qui ne reflète que la composante anthropique.

6.3.1. Terres forestières dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.A.1 des TCD)

6.3.1.1. Description de la catégorie

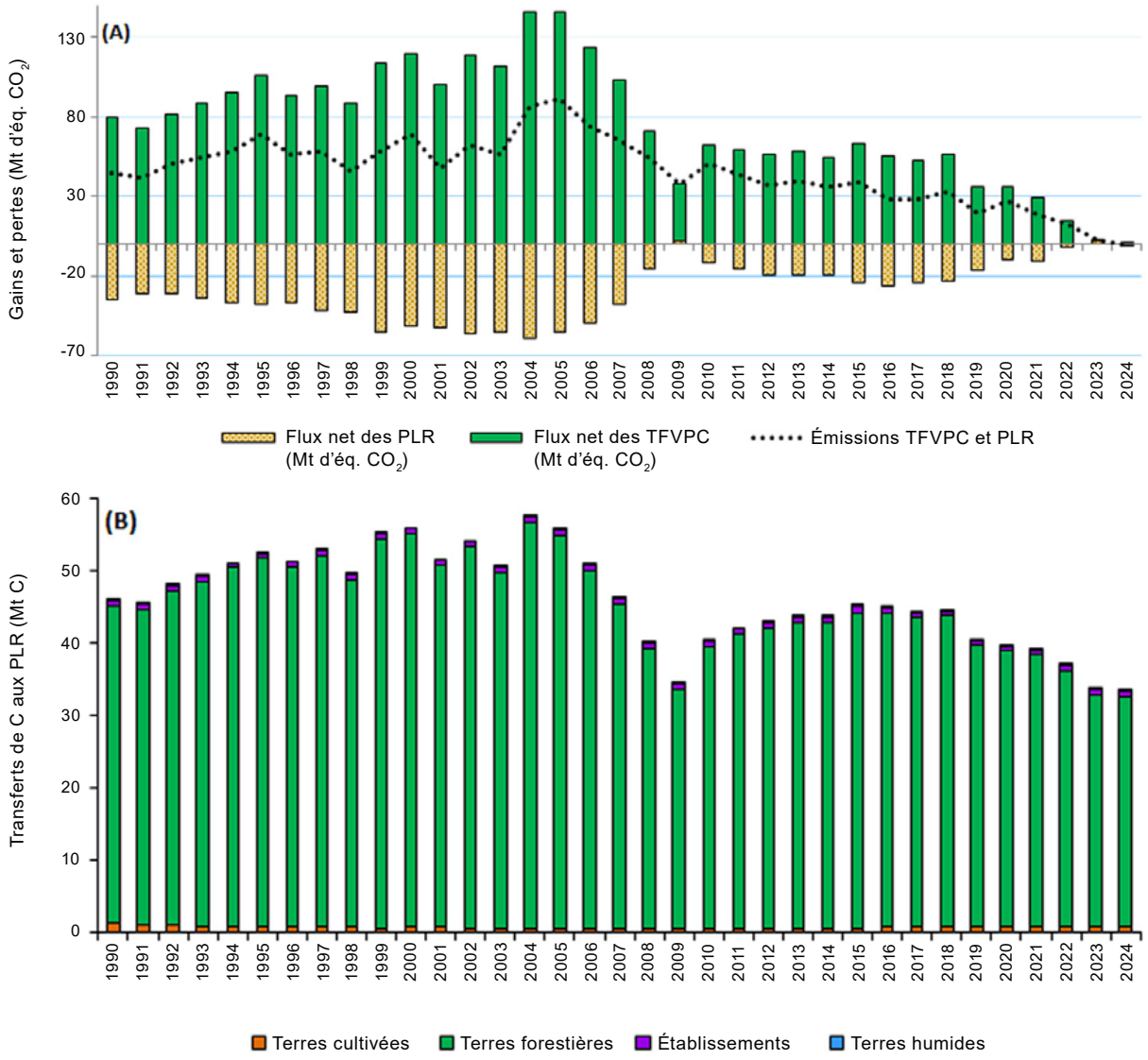
Au cours de leur croissance, les arbres absorbent du CO_2 de l'atmosphère par la photosynthèse, emmagasinant une partie de ce C dans la végétation (biomasse), la matière organique morte (MOM) et les sols. Le dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre retournent dans l'atmosphère par la respiration, la décomposition et la combustion de la matière organique. Les interactions humaines avec les terres peuvent modifier directement l'ampleur et le taux de ces échanges naturels de

6 Données statistiques du Canada : Inventaire forestier. Ressources naturelles du Canada. [Consulté le 8 janvier 2026]. Disponible en ligne : https://ressources-naturelles.canada.ca/forets-foresterie/rapports-etat-forets-canada/quelle-superficie-foret-couvre-t-canada

GES à court et à long terme. Les pratiques d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres du passé influent toujours sur les flux actuels de GES émis ou absorbés par les forêts aménagées. Cet effet à long terme constitue une caractéristique unique du secteur ATCATF qui le distingue des autres secteurs de l'inventaire.

Les pratiques d'aménagement forestier (notamment la récolte, les traitements sylvicoles et la régénération) sont les principaux effets directs de l'activité humaine sur les émissions et les absorptions par les forêts. L'exploitation forestière transfère le C des arbres aux PLR (voir la section 6.4) et produit des résidus (branches, feuilles et essences non commerciales) qui sont laissés sur place où ils se décomposent ou sont brûlés. Les coupes à blanc réinitialisent l'âge des peuplements à 0, modifiant le taux d'accumulation du C dans la biomasse, car les jeunes arbres accumulent peu de biomasse au cours de leurs 30 à 40 premières années. Prises ensemble, les émissions et absorptions de GES de la catégorie des Terres forestières et la variation dans la quantité du carbone dans les réservoirs de PLR associée à la production annuelle de produits forestiers représentent les flux de carbone annuels nets entre les forêts aménagées et l'atmosphère (Figure 6–2).

Figure 6–2 **a) Gains et pertes de carbone des Terres forestières et des PLR, et b) Transferts annuels de PLR par catégorie de terre contributrice**



Les valeurs estimatives des émissions nettes déclarées dans la catégorie des Terres forestières provenant de l'aménagement des forêts comprennent aussi les flux nets issus de peuplements forestiers provenant soit de la récolte, soit du rétablissement après des perturbations naturelles et les transferts vers le réservoir des PLR. Les effets des perturbations non anthropiques (c.-à-d. des perturbations naturelles comme les feux de forêt, les infestations d'insectes et les chablis) dans les forêts aménagées sont également présentés (Tableau 6–5)[7]. Les émissions nettes des Terres forestières sont passées de 79 Mt en 1990 à 145 Mt en 2005, pour graduellement revenir aux valeurs antérieures avant de tomber en dessous, atteignant un minimum de 1,2 Mt d'absorptions nettes en 2024. Les taux de récolte ont augmenté à l'échelle nationale à partir de 1990 pour atteindre un sommet en 2004, ce qui a entraîné la hausse des émissions. L'inversion subséquente de la tendance à la hausse coïncide avec un déclin rapide des taux de récolte entre 2004 et 2009 (Figure 6–2). Depuis 2009, les taux de récolte sont demeurés relativement stables, diminuant légèrement au fil du temps. Par conséquent, les émissions ont diminué d'un maximum d'environ 145 Mt en 2005 à un premier minimum local d'environ 37 Mt en 2009, tendance générale à la baisse qui s'est maintenue presque tout le reste de la période de déclaration à mesure que les superficies récoltées avant le milieu des années 2000 passaient de sources nettes à des puits nets lors de la repousse des peuplements récoltés. Les émissions ont atteint un nouveau minimum en 2023 et 2024 reflétant l'activité réduite de récolte causée par les perturbations à grande échelle lors de la saison des feux de forêts de 2023, particulièrement virulente. Ainsi, ces minimums récents reflètent à la fois les changements structurels à long terme dans les niveaux de récolte et la dynamique des classes d'âge, ainsi que la variabilité à court terme causée par les perturbations, qui ont nui aux activités d'aménagement des terres (Figure 6–2).

Tableau 6–5 **Superficie, flux de gaz à effet de serre et transferts de carbone, des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, certaines années**

Sous-catégories	GES	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SUPERFICIE TOTALE DES TERRES FORESTIÈRES AMÉNAGÉES (kha)		**230 000**	**230 000**	**230 000**	**230 000**	**230 000**	**230 000**	**230 000**	**230 000**
Superficie touchée par des effets anthropiques		140 000	150 000	160 000	170 000	170 000	170 000	160 000	160 000
Superficie touchée par des effets de perturbations naturelles		88 000	74 000	61 000	60 000	60 000	60 000	63 000	64 000
FLUX NETS – DÉCLARÉS ET NON DÉCLARÉS (kt d'éq. CO_2)[a, b]		**-45 000**	**160 000**	**170 000**	**39 000**	**320 000**	**100 000**	**1000 000**	**430 000**
Estimations déclarées[c]		**80 000**	**150 000**	**36 000**	**36 000**	**29 000**	**15 000**	**1 400**	**-1 200**
Composante anthropique, activités antérieures d'aménagement des forêts		270 000	320 000	190 000	180 000	170 000	160 000	140 000	130 000
Flux net – Produits forestiers transférés en PLR[d]	CO_2	160 000	200 000	140 000	140 000	140 000	130 000	120 000	120 000
Flux net – Écosytème	CO_2	110 000	120 000	46 000	42 000	35 000	27 000	20 000	12 000
	CH_4	200	420	250	230	240	180	140	150
	N_2O	66	200	140	130	130	110	91	94
	CO[e]	110	340	200	180	180	130	94	100
Composante anthropique, peuplements matures issus d'une perturbation naturelle	CO_2	-190 000	-170 000	-150 000	-150 000	-140 000	-140 000	-140 000	-130 000
Émissions et absorptions nettes des terres touchées par des perturbations naturelles		**-130 000**	**8 500**	**140 000**	**2 700**	**290 000**	**89 000**	**1000 000**	**430 000**
Feux de forêt – émissions immédiates directes[f]		26 000	51 000	130 000	12 000	260 000	79 000	870 000	320 000
	CO_2	23 000	44 000	110 000	11 000	220 000	68 000	750 000	270 000
	CH_4	2 600	5 000	13 000	1 200	25 000	7 700	85 000	31 000
	N_2O	1 000	2 000	5 000	480	10 000	3 100	34 000	12 000
Feux de forêt – émissions immédiates indirectes de CO_2[f]	CO	2 300	4 400	11 000	1 100	22 000	6 800	75 000	27 000
Émissions et absorptions de CO_2 suivant les feux de forêt[f]	CO_2	-150 000	-98 000	-19 000	-26 000	-7 100	-10 000	56 000	71 000
Insectes – émissions et absorptions[g]	CO_2	340	51 000	16 000	15 000	14 000	13 000	11 000	10 000
Autres perturbations naturelles – émissions et absorptions[h]	CO_2	I	I	I	I	I	I	I	I

Notes :
Comme les chiffres ont été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
I = Inexistant
kha = kilohectare

a. Les signes négatifs indiquent l'absorption de CO_2 de l'atmosphère.
b. Le flux net correspond à la somme du bilan net des GES provenant des activités anthropiques d'aménagement des forêts déclarées et des émissions/absorptions causées par des perturbations naturelles, qui ont été suivies mais ne sont pas déclarées dans les tableaux des TCD. Inclut les émissions/absorptions de CO_2 et les émissions de CH_4, de N_2O et de CO.
c. Inclut les émissions/absorptions de CO_2 et les émissions de CH_4 et de N_2O de peuplements forestiers de la composante anthropique permettant de différencier les peuplements ayant subi des activités antérieures d'aménagement forestier des peuplements matures issus d'une perturbation naturelle. N'inclut pas les émissions de CO.
d. Ce transfert des terres forestières dont la vocation n'a pas changé au réservoir de carbone des produits ligneux récoltés (PLR) comprend les coupes de récupération pratiquées à la suite de perturbations naturelles.
e. Les émissions indirectes de CO_2 provenant de l'oxydation atmosphérique de CO et imputables au brûlage de résidus et au activités de brûlage dirigé après la récolte forestière sont déclarées dans le Tableau 6 des TCD.
f. Les émissions immédiates comprennent les émissions directes et indirectes de CO_2 et les émissions directes de gaz autres que le CO_2 découlant de l'impact immédiat des feux de forêt. Les émissions de CO_2 suivant les feux de forêt sont associées aux effets à long terme des feux de forêt sur la matière organique morte et la matière organique du sol. Elles comprennent les petites émissions associées aux infestations d'insectes dans les zones touchées par un feu de forêt. Les absorptions de CO_2 sont liées à la régénération naturelle des peuplements suivant les feux de forêt.
g. Inclut les émissions, principalement résiduelles, attribuables aux infestations d'insectes, et les absorptions liées à la régénération naturelle subséquente des peuplements.
h. Comprend les émissions découlant de l'effet résiduel de l'ouragan Juan sur les forêts de la Nouvelle-Écosse en 2003 et les absorptions liées à la régénération naturelle subséquente des peuplements.

7 Répercussions des perturbations naturelles entraînant un taux de mortalité des arbres de plus de 20 %.

La hausse des émissions qui s'est produite avant 2005 (Figure 6–2) s'explique principalement par les tendances observées dans les zones de déclaration de la Cordillère montagnarde et des Plaines boréales. Dans la zone de la Cordillère montagnarde, la hausse continue des taux de récolte, ajoutée aux infestations d'insectes, qui se sont produites entre 2000 et 2005, et aux coupes de récupération subséquentes dans des peuplements infestés a modifié l'âge moyen des forêts, à présent composées de classes d'âge inférieures. Les peuplements fraîchement récoltés agissent comme une source d'émissions nettes, puisque le bassin de matière organique morte (MOM) dans ces sites est plus important et qu'il faut du temps pour que le taux d'absorption du carbone dans la biomasse se rétablisse[8]. Simultanément, les infestations d'insectes de faible intensité ont fait augmenter la mortalité des arbres sur de grandes superficies, faisant ainsi augmenter les émissions attribuables à la décomposition. Dans la zone de déclaration des Plaines boréales, l'augmentation des taux de récolte a modifié l'âge moyen des forêts. En parallèle, les infestations d'insectes et les saisons de feux intenses ont causé une diminution des peuplements forestiers matures sur le plan commercial et, conséquemment, du taux d'absorption global de C dans la région. Ainsi, l'ampleur de la diminution des absorptions de C et de l'augmentation des émissions associées à la décomposition dans ces régions a fait suffisamment baisser les absorptions pour modifier la tendance nationale. Plus récemment, les infestations d'insectes à faible taux de mortalité ont touché de grandes superficies des zones de déclaration de l'est du Bouclier boréal et des Maritimes de l'Atlantique et, depuis 2010, ont fait augmenter les émissions déclarées dans ces régions, effet qui pourrait persister pendant quelques décennies.

Le flux net total dans les forêts aménagées présenté au Tableau 6–5 est la somme des valeurs estimées des émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O et des absorptions de CO_2 influé par les activités humaines (y compris les émissions de CO provenant du brûlage dirigé de la biomasse, déclarées comme des émissions indirectes de CO_2), et celles des émissions et des absorptions qui se produisent dans les zones touchées par des perturbations naturelles que nulle intervention humaine ne peut empêcher et dans les zones qui se rétablissent de ces perturbations. Lorsque toutes les émissions et les absorptions directes et indirectes résultantes des terres touchées par des perturbations naturelles sont incluses, les flux nets dans les forêts aménagées (déclarés et non déclarés) s'élèvent à des absorptions nettes de 48 Mt en 1990 et à des émissions nettes de 150 Mt en 2005 et de 398 Mt en 2024. Les variations des flux nets dépendent en grande partie de la fréquence des perturbations naturelles au cours d'une année donnée (Figure 6–3), fréquence qui a augmenté au cours de la période de déclaration, surtout dans la dernière moitié de la série chronologique, pour culminer en 2023, année ayant connu des feux de forêt sans précédent dont les émissions ont surpassé toutes les émissions anthropiques de tous les secteurs au Canada.

Les émissions et absorptions déclarées dans le secteur forestier (incluant les produits ligneux récoltés, mais excluant les perturbations naturelles) montrent qu'au Canada, la gestion humaine de ce secteur constitue une source nette de carbone vers l'atmosphère et les flux mondiaux de déchets à court et à long terme (Figure 6–2).

6.3.1.2. Questions de méthodologie

Le Canada estime les émissions et les absorptions de GES des forêts aménagées à l'aide d'une méthode de Niveau 3. Le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur le C des forêts (SNSCPRCF)[9] du pays prend en compte une approche basée sur un modèle (le Modèle de bilan du carbone du secteur canadien des forêts, aussi appelé MBC-SFC3; Kull et al., 2019, et Kurz et al., 2009). Ce modèle intègre des données d'inventaires forestiers et les courbes de rendement associées, ainsi que des données géospatiales sur la gestion des forêts et les perturbations naturelles afin d'estimer les stocks de C des forêts, les variations de ces stocks et les émissions et absorptions de CO_2. Il utilise également des paramètres climatiques et écologiques régionaux afin de simuler les transferts de C entre les réservoirs de l'écosystème forestier ainsi que vers le réservoir des produits ligneux récoltés et l'atmosphère. Des renseignements supplémentaires sur la méthode d'estimation sont fournis à la section A3.5.2.1.

Avant le rapport de 2017, les émissions et les absorptions déclarées dans la catégorie des Terres forestières présentaient une importante variabilité interannuelle due aux effets des perturbations naturelles qui masquaient l'incidence des activités d'aménagement forestier. Le GIEC reconnaît qu'il est difficile dans certains pays de déclarer les émissions associées aux perturbations naturelles et encourage les pays à utiliser des méthodes de Niveau 3 afin d'élaborer de nouvelles approches permettant de mieux isoler les répercussions anthropiques (GIEC, 2010). De plus, la Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (ci-après appelée Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC [GIEC, 2019]) donne des exemples de méthodes que des pays, dont le Canada, ont utilisées pour résoudre ce problème. Depuis le rapport de 2017, le Canada a mis en œuvre une méthode de Niveau 3 pour isoler l'effet des activités anthropiques sur les forêts aménagées. Cette méthode consiste notamment à surveiller et à compiler séparément les émissions et les absorptions provenant des peuplements forestiers affectés par des facteurs anthropiques et naturels (respectivement appelés « composante anthropique » et « composante de perturbation naturelle »). La composante anthropique comprend les émissions et les absorptions associées i) aux peuplements qui ont été directement touchés par des activités d'aménagement forestier passées (p. ex., la coupe à blanc et la coupe partielle, l'éclaircie commerciale et précommerciale et la coupe de récupération), ii) aux peuplements matures touchés par des perturbations naturelles causant un taux de mortalité de la biomasse inférieur ou égal à 20 % (p. ex., défoliation causée par des insectes) ou un taux de mortalité supérieur à 20 % à un moment de la période de déclaration, mais qui ont ensuite récupéré jusqu'à atteindre leur biomasse d'avant la perturbation,

8 L'âge moyen de la forêt dans ce contexte renvoie à la structure de classe d'âge de la forêt et l'absorption de carbone, à la production primaire nette.

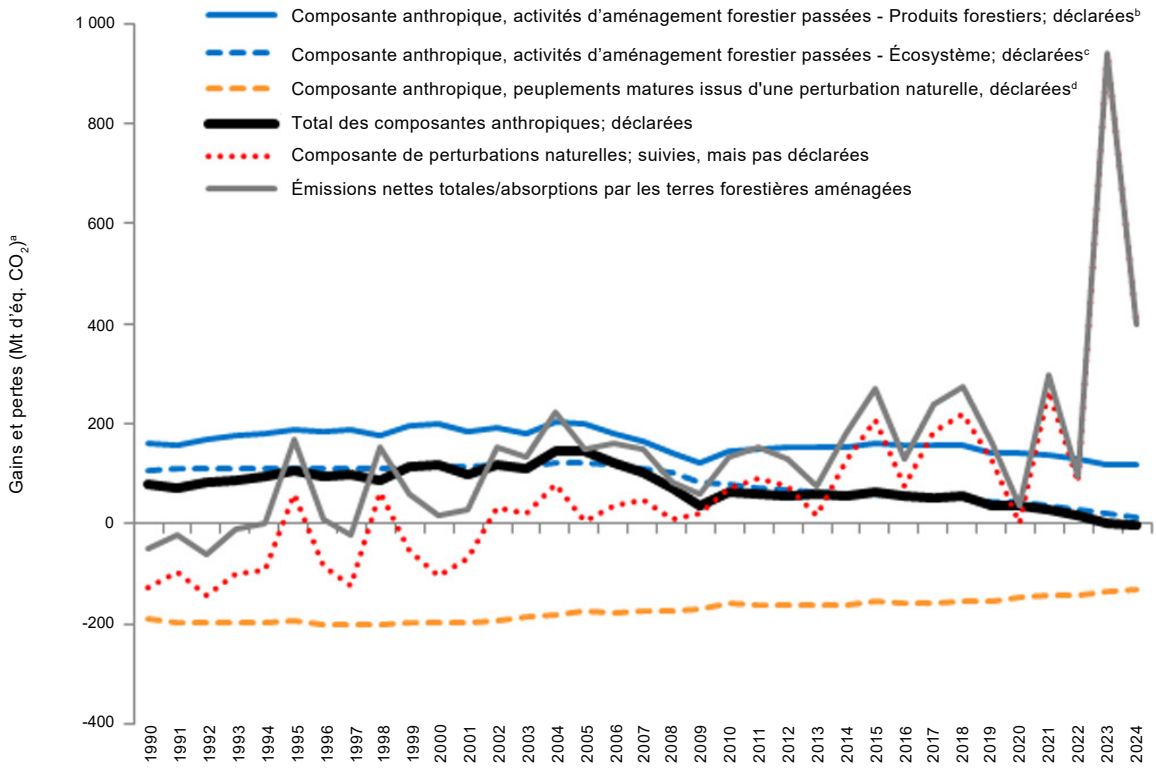
9 Système canadien de déclaration du carbone forestier : https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/carbone-forestier/comptabilisation-carbone-forestier.

et iii) aux peuplements matures touchés par des perturbations naturelles passées causant le remplacement des peuplements, ayant atteint l'âge d'exploitation minimal déterminé par région (c.-à-d., qui ont atteint la maturité commerciale et qui sont étroitement surveillés dans la pratique d'aménagement des forêts dans l'intérêt du public). La composante des perturbations naturelles comprend les émissions associées à des perturbations naturelles comme les feux de forêt et les infestations d'insectes causant un taux de mortalité de la biomasse de plus de 20 %, et les absorptions associées à la croissance des peuplements jusqu'à leur maturité ou jusqu'à ce que la biomasse soit revenue à celle avant la perturbation. Par souci de transparence, toutes les émissions et absorptions sont indiquées dans le présent rapport (Tableau 6–5; Figure 6–3), mais les données déclarées sont fondées sur la composante anthropique dans le but de mieux rendre compte des émissions et absorptions plus étroitement liées à l'aménagement des terres et de mieux orienter les intervenants du secteur forestier. Pour la comptabilisation complète des perturbations naturelles et le bilan C dans les forêts aménagées, il est également possible de consulter le rapport État des forêts au Canada (RNCan, 2024). Des renseignements supplémentaires sur la méthode d'estimation se trouvent à la section A3.5.2.3, dans Kurz et al. (2018) et dans Kurz et al. (2024).

Les variations des stocks de C dans la composante anthropique des forêts aménagées sont indiquées par zone de déclaration dans le Tableau 4.A des TCD. Pour tout réservoir donné, ces variations tiennent compte non seulement des échanges de GES avec l'atmosphère, mais aussi des transferts de C entre réservoirs, par exemple le transfert de C entre la biomasse vivante et la MOM résultant de la mortalité du peuplement forestier. Ces variations des stocks de C ne fournissent donc aucune indication sur les flux nets entre les réservoirs de C des forêts aménagées et l'atmosphère. En outre, pour satisfaire aux exigences en matière de transparence dans les déclarations, les superficies comprises dans la composante des perturbations naturelles des forêts aménagées sont déclarées séparément, par zone de déclaration, dans le Tableau 4.A des TCD.

La récolte de bois dans les forêts aménagées donne lieu non seulement à un transfert de C de la catégorie des Terres forestières à la catégorie des Produits ligneux récoltés (Figure 6–2, Tableau 6–5), mais également à des débris ou des résidus laissés sur place qui se décomposent. Le devenir du C séquestré dans la matière ligneuse transportée hors site est transféré vers le réservoir de PLR et suivi dans ce dernier. Les transferts sont déclarés dans la catégorie des Terres forestières; la catégorie des Produits ligneux récoltés déclare le changement dans ce réservoir résultant de l'apport annuel de carbone et les émissions et rejets annuels de carbone. Dans la version actuelle des TCD, les transferts de bois vers le

Figure 6–3 **Gains et pertes de carbone attribuables aux Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, par composante**



Notes :
a. Ne comprend pas les émissions indirectes de CO_2.
b. Transfert aux PLR.
c. Coupe à blanc et coupe partielle, éclaircie commerciale et précommerciale, et coupe de récupération.
d. Peuplements ayant atteint l'âge minimal d'exploitation (soit le seuil de maturité commercial, soit la même biomasse qu'avant la perturbation) et qui sont admissibles à la planification de la récolte.

réservoir des PLR sont déclarés dans le Tableau 4.A à titre de renseignements complémentaires. En outre, les transferts sont inclus dans les colonnes Émissions/Absorptions nettes de CO_2. Cependant, grâce aux renseignements complémentaires, il est désormais possible de distinguer entre les émissions vers l'atmosphère et les transferts vers le réservoir des PLR, contrairement aux anciens tableaux du CUPR. Des renseignements supplémentaires sur l'approche de modélisation des PLR du Canada sont présentés à la section A3.5.3.

Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant des sols organiques forestiers drainés sont déclarées dans le Tableau 4(II) des TCD. Elles sont calculées à partir des données sur les activités provenant d'un ensemble de documents historiques, de consultations et de statistiques provinciales, et ce, à l'aide des coefficients d'émission de Niveau 1 provenant du Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : terres humides (GIEC, 2014). Pour plus de détails, consulter la section A3.5.2.1.

D'après les calculs des émissions directes et indirectes de N_2O provenant des pertes nettes de carbone organique dans le sol (COS) dans les peuplements touchés par l'influence anthropique et regroupées à l'échelle des unités de rapprochement (UR), les émissions potentielles de cette source peuvent être considérées comme négligeables conformément au paragraphe 37(b) des lignes directrices de déclaration de l'inventaire de la CCNUCC (Annexe I). Selon les approximations, les émissions regroupées à l'échelle des UR variaient de 55 kt en 1990 à 0 kt ces dernières années.

6.3.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Évaluation du degré d'incertitude

Des techniques d'analyse numérique sont appliquées pour quantifier les incertitudes relatives aux résultats du modèle MBC-SFC3 (Metsaranta et al., 2017). La modélisation des forêts aménagées du Canada n'est pas faite en une seule simulation, mais plutôt au moyen de plusieurs simulations distinctes dont les données de sortie sont par la suite assemblées. Dans chaque projet, 100 simulations de Monte-Carlo ont été menées à partir des données d'entrée de référence quant aux estimations de GES. Les intervalles de confiance sont déterminés pour chaque année d'inventaire au moyen d'un échantillonnage aléatoire de 10 000 combinaisons de toutes les simulations du projet pour l'année en question. Des estimations d'incertitudes distinctes sont calculées pour chacun des GES. Les années où aucun changement notable n'a lieu, comme dans la présente soumission, aucune simulation de Monte-Carlo n'est menée (menée pour la soumission de 2024, la plus récente couvrait toute la série chronologique de 1990 à 2022). À la place, les intervalles de confiance de chacune des catégories de la présente soumission sont extrapolés.

Dans toute la série chronologique, les incertitudes associées aux estimations annuelles sont exprimées comme un intervalle de confiance de 95 %, délimitées par les 2,5^e et 97,5^e percentiles des résultats des itérations du modèle de Monte-Carlo. La plage d'incertitude pour les estimations sur le CO_2 est de 75 Mt en 1990, de 95 Mt en 2005 et de 82 Mt en 2024 (Tableau 6–6). En moyenne, l'incertitude se situait à ±37 Mt de la valeur médiane annuelle obtenue par les simulations de Monte-Carlo sur toute la série chronologique. Les gaz autres que le CO_2 contribuent peu à l'incertitude totale. Les courbes de distribution de probabilité relatives à la valeur estimative du flux net sont asymétriques et les données s'étalent vers la limite inférieure (plus grand puits), ce qui est représentatif de la nature des distributions des données sur les activités et des paramètres vérifiés dans l'analyse de Monte-Carlo telles qu'elles sont exprimées dans le modèle. Plus de renseignements sur l'approche générale utilisée aux fins de cette analyse sont présentés à la section A3.5.2.2; une description des méthodes et des hypothèses, ainsi qu'une discussion portant sur la nature biaisée des distributions des incertitudes sont présentées dans Metsaranta et al. (2017).

L'incertitude associée au drainage forestier n'est pas présentée dans le Tableau 6–6. En raison de l'ampleur des émissions de cette source par rapport aux émissions et aux absorptions nettes du secteur forestier, il est peu probable que cette source ait une incidence sur les estimations de l'incertitude globale dans la catégorie Terres forestières.

Tableau 6–6 **Estimations des flux nets annuels de CO_2, de CH_4 et de N_2O dans la catégorie des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, et de ces flux aux 2,5^e et 97,5^e percentiles, certaines années**

Gaz	Année d'inventaire	Flux net (Mt)	2,5^e percentile (Mt)	% d'incertitude[a] (2,5^e percentile)	97,5^e percentile (Mt)	% d'incertitude (97,5^e percentile)
CO_2	1990	80	12	-85	87	8,8
	2005	150	88	-40	180	26
	2024	-1,9	-63	3 100	19	-1 100
CH_4	1990	0,2	0,1	-32	0,5	140
	2005	0,4	0,3	-28	0,7	81
	2024	0,1	0,0	-74	0,3	140
N_2O	1990	0,1	0,0	-38	0,2	230
	2005	0,2	0,1	-23	0,3	120
	2024	0,0	0,0	-75	0,1	210

Note :

a. Les plages d'incertitude demeurent relativement constantes pour l'ensemble de la série chronologique. Par conséquent, à mesure que la valeur absolue des émissions et des absorptions diminue, l'erreur proportionnelle augmente. Les intervalles d'incertitude présentés à la section A2.3 sont issus de l'erreur associée à l'erreur proportionnelle de l'année de référence 1990 et de 2024. Puisque l'erreur proportionnelle des émissions de CO_2 en 2024 est exceptionnellement grande (en raison des émissions nettes qui tendent vers zéro), l'incertitude sur la tendance de Niveau 1 dans A2.3 est exagérée.

Cohérence de la série chronologique

Toutes les estimations ont été calculées par des méthodes et des données uniformes. Cependant, les données de l'inventaire des forêts ne couvrent pas toutes les mêmes périodes pour l'ensemble du pays; la section A3.5.2.5 explique comment les données d'inventaires forestiers provenant de sources diverses ont été harmonisées pour fournir des données complètes, cohérentes et uniformes pour 1990 à aujourd'hui.

6.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Des procédures systématiques et documentées d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) sont mises en œuvre dans quatre domaines : contrôle du déroulement des travaux (manuel), contrôle du modèle (automatisé), contrôle des points repères (manuel) et examens externes. Les résultats des contrôles sont consignés de façon systématique; un système d'enregistrement relève chaque problème et en facilite le suivi et la recherche de solutions. Les contrôles de qualité de Niveau 2 (White et Dymond, 2008; Dymond, 2008) traitent spécifiquement de la préparation des estimations dans la catégorie des Terres forestières.

Environnement et Changement climatique Canada a ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir la section 1.3, Chapitre 1) et applique des vérifications de Niveau 2 propre à chaque catégorie aux estimations venant de ses partenaires, de même qu'à toutes les estimations et données sur les activités compilées dans l'entrepôt de données du secteur ATCATF (Blondel, 2022) qui sont ensuite saisies dans le logiciel CRT Reporter. Ces procédures et leurs résultats sont documentés en détail dans les archives centralisées.

Shaw et al. (2014) ont comparé les valeurs des stocks de C prédites par le modèle MBC-SFC3 avec les estimations des stocks de C de l'écosystème basées sur des parcelles terrestres du nouvel Inventaire forestier national du Canada (IFN). Les séries de données de l'IFN sur les stocks de C étaient entièrement indépendantes des données d'entrée saisies pour faire des simulations sur chaque parcelle terrestre. L'erreur moyenne dans les stocks totaux de l'écosystème (qui représente la comparaison entre les prédictions du modèle et les mesures effectuées sur les parcelles au sol) était de 1 %, tandis que les biais dans les réservoirs de C de la biomasse aérienne, du bois mort, de la litière et des sols minéraux se chiffraient respectivement à 7,5 % (4,3 t/ha), -30,8 % (-4,5 t/ha), 9,9 % (5 t/ha) et 8,4 % (8,1 t/ha); la contribution du réservoir du sol était la plus grande en valeur absolue. Les erreurs dans les réservoirs de C dans la biomasse aérienne et le bois mort se comparaient favorablement aux normes proposées dans les *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie du GIEC* (GIEC, 2003) pour ces réservoirs (respectivement 8 % et 30 %). Ces résultats pointent vers de fortes variations propres aux réservoirs, aux régions et aux espèces qu'il convient d'étudier plus amplement.

Consécutivement à Shaw et al. (2014), une étude de calibration fondée sur des données a été menée à l'échelle nationale en ce qui a trait aux paramètres de modélisation du C dans le sol et la MOM (Hararuk et al. 2017), et ce, à partir d'une base de données plus exhaustive d'observations du sol forestier bien drainé (Shaw et al. 2018). Les paramètres mieux calibrés relatifs à la MOM (taux de décomposition de référence, sensibilité de ces taux à la température, proportions de C relâchées dans l'atmosphère, taux de renouvellement des racines et de chute des chicots, entre autres) ont raccourci le cycle du C dans les débris ligneux (bois mort) et la couche organique du sol (litière), et permis de mieux distinguer la dynamique du C dans les peuplements dominés par le bois des feuillus et le bois des résineux. Ces paramètres recalibrés ont été intégralement employés dans la présente soumission, ce qui a eu pour effet de corriger en partie les erreurs mentionnées précédemment en surestimant moins les stocks de carbone du bois mort et du sol par rapport aux mesures de l'Inventaire forestier national (IFN). À l'échelle nationale, cette correction a fait que les stocks de carbone forestiers totaux estimés ont été révisés à la baisse et sont presque entièrement imputables aux temps de séjour moindres du carbone dans les réservoirs de bois mort et de litière, et partiellement contrebalancés par une hausse des réservoirs de carbone dans le sol (Fisher et al. 2025). Les retombées régionales varient : bien que les stocks de bois mort aient diminué dans toutes les régions, les réservoirs de litière et de sol s'écartent de la tendance nationale, surtout dans les écozones froides du nord. Ces différences reflètent les interactions entre la composition bois franc-bois tendre et la sensibilité à la température des taux de décomposition, surtout dans les réservoirs de sols minéraux. Une analyse exhaustive du degré d'incertitude est en cours pour mieux caractériser les erreurs restantes et orienter les améliorations méthodologiques à venir.

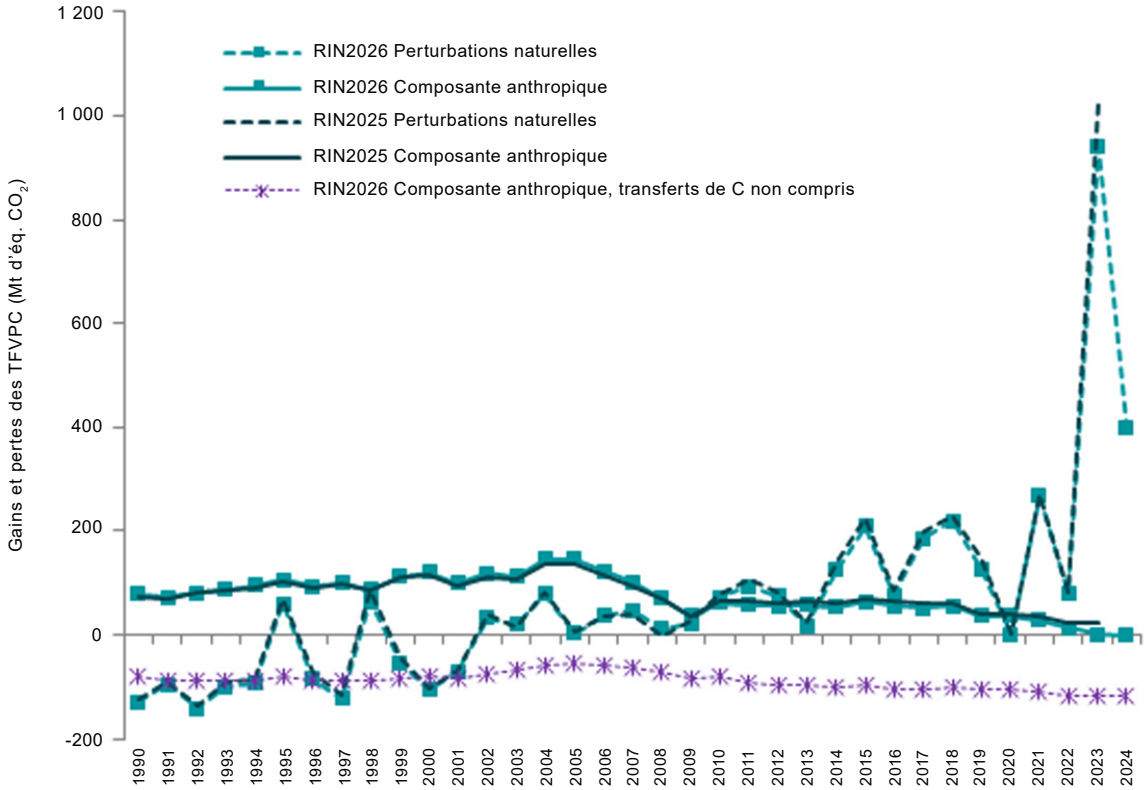
D'autres analyses ont été menées, les unes à l'échelle du site comparant les estimations du modèle hybride biométrique obtenues par une combinaison d'observations de cernes de croissance des arbres et du MBC-SFC3 vis-à-vis des estimations calculées à partir de systèmes de covariance des turbulences (par ex., Metsaranta et al. 2018; 2021), et les autres à l'échelle provinciale (par ex., Hagemann et al. 2010; Heffner et al. 2021) pour les comparer aux données de parcelles forestières provinciales. En général, comme dans le cas de Shaw et al. (2014), ces études ont montré qu'il existe un bon accord entre les estimations de certains stocks de C comme la biomasse vivante, et un gain maximal de performance du modèle à obtenir par une meilleure représentation de la dynamique de la MOM. De plus, ces études suggèrent une exploration approfondie des variations spatiales causées par la composition en essences, le type de sol, l'activité microbienne et l'abondance de bryophytes. Dans le cadre des activités d'assurance de la qualité (AQ), un groupe international d'experts forestiers formé par ECCC en octobre 2016 a examiné la méthode utilisée dans le Rapport d'inventaire national (RIN) de 2017 pour estimer les absorptions et émissions anthropiques. Il a conclu que cette nouvelle méthode permet de distinguer efficacement les absorptions et les émissions anthropiques attribuables à l'aménagement forestier des effets des perturbations naturelles.

Il a aussi indiqué que le critère employé pour catégoriser les peuplements touchés par des infestations d'insectes comme des peuplements touchés par des facteurs anthropiques ou naturels était justifiable. Cependant, il a recommandé que le seuil adopté pour différencier les émissions et les absorptions anthropiques des émissions et des absorptions naturelles après des perturbations naturelles entraînant le remplacement des peuplements soit propre à chaque région, afin de tenir compte des variations écologiques des forêts. Les changements ont été apportés au rapport de 2018, et les experts provinciaux des forêts ont examiné et approuvé l'approche révisée.

6.3.1.5. Recalculs

Les recalculs dans la catégorie des Terres forestières découlaient de deux grandes modifications méthodologiques ayant eu lieu cette année (Fisher et al. 2025) : (i) la mise en œuvre d'un meilleur ensemble de paramètres relatifs à la matière organique morte (MOM) et au carbone du sol dans le MBC-SFC3; (ii) des données sur les activités mises à jour en ce qui a trait à l'aménagement des forêts, dont des révisions mineures pour 2020 à 2022 et une correction à la baisse majeure aux cibles de récolte classiques en 2023. Cumulées à d'autres mises à jour mineures, ces modifications ont fait que les émissions ont été révisées à la hausse au début de la série chronologique et à la baisse vers la fin. Les recalculs nets pour les principales années de déclaration consistent notamment en des révisions de +6,2 Mt d'éq. CO_2 en 1990, de +10 Mt d'éq. CO_2 en 2005 et de -22 Mt d'éq. CO_2 en 2023 (Figure 6–4).

Figure 6–4 **Recalculs de la composante des perturbations naturelles et de la composante anthropique des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé**



6.3.1.6. Améliorations prévues

Des études ont exploré le rôle de l'activité humaine et de la gestion sur le régime des feux, le lien entre les tendances en matière d'émissions et d'absorptions et les principaux indicateurs de gestion humaine (tels que les taux de récolte et les zones de conservation); d'autres ont analysé la cohérence des intervalles de récupération du carbone dans les paysages forestiers selon l'évolution des structures de classe d'âge. Une fois ces études réalisées, les protocoles de partition anthropique du Canada seront révisés.

Durant la période visée par cette analyse, des améliorations continues seront mises en place : i) la mise à jour des données de base (données, processus et paramètres, par ex. de meilleures données sur les feux) et l'amélioration de certains paramètres du modèle MBC-SFC3; ii) des améliorations aux données scientifiques, comme les émissions estimatives révisées des feux de forêt apportées en fonction de leur intensité variable. Les plans à plus long terme comprennent aussi une analyse détaillée de la sensibilité et de l'incertitude des tendances et un examen de la contribution des différentes composantes à la courbe de distribution asymétrique des estimations de l'incertitude relative aux flux nets. De plus, une intégration graduelle de données et d'estimations de plus en plus détaillées spatialement dans le cadre de modélisation est prévue.

De plus amples précisions sur les améliorations prévues à la catégorie des Terres forestières sont présentées à la section 8.3.1 et au Tableau 8–5 du Chapitre 8, et des renseignements supplémentaires se trouvent dans le plan d'amélioration intitulé *Plan d'amélioration concernant les estimations des gaz à effet de serre des forêts et des produits ligneux récoltés*[10].

6.3.2. Terres converties en terres forestières (catégorie 4.A.2 des TCD)

6.3.2.1. Description de la catégorie

Cette catégorie comprend toutes les terres converties en terres forestières par les activités humaines. Elle ne comprend toutefois pas les terres reboisées après la récolte ni les terres agricoles abandonnées où une régénération naturelle s'est imposée. Plus précisément, la catégorie désigne l'établissement actif de forêts sur des terres dont la vocation antérieure n'était pas forestière (généralement des terres agricoles abandonnées).

La superficie cumulative totale des terres déclarées dans la catégorie Terres converties en terres forestières a diminué, passant de 170 kha en 1990 à 31 kha en 2024. Étant donné que les données sur les activités après 2008 ne sont que pour l'Ontario et les activités de boisement à partir de 2021 (voir la section 6.3.2.2), cette tendance reflète principalement le transfert progressif des terres boisées il y a plus de 20 ans à la catégorie des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé. Près de 86 % de l'ensemble des terres agricoles converties en terres forestières depuis 20 ans sont situés dans l'est du Canada (zones de déclaration Maritime de l'Atlantique, Plaines à forêts mixtes et Bouclier boréal est), 8 % dans les Prairies (zones de déclaration Bouclier boréal ouest, Plaines boréales et Prairies subhumides) et le reste, 5 %, dans les écozones les plus à l'ouest (zones de déclaration Maritime du Pacifique et Cordillère montagnarde).

Les absorptions nettes ont baissé au cours de la période, passant de -1,0 Mt en 1990 à des émissions nettes de 0,02 Mt en 2024. L'accumulation nette de C est observée principalement dans la biomasse vivante. La séquestration du C dans le sol est négligeable et devrait le rester parce que cette catégorie ne comprend que des plantations âgées de moins de 20 ans. Pour la même raison et compte tenu de l'accroissement net relativement réduit des arbres plantés dans les premières années, il est important de souligner que la catégorie ne devrait pas contribuer de manière significative au bilan net de GES de la catégorie des Terres forestières. À noter également que, lorsque ces tendances sont prises en compte, les données de la présente analyse ne sont pas exhaustives.

6.3.2.2. Questions de méthodologie

Dans l'Étude de faisabilité du boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMPC) du gouvernement du Canada, les données sur le boisement pour la période de 1990 à 2002 ont été recueillies et compilées (RNCan, 2005a). Au cours de cette période, les plantations de résineux, en particulier d'épinettes et de pins, constituaient 90 % de la superficie plantée. Les activités relatives aux périodes de 1970 à 1989 et de 2003 à 2008 ont été estimées en fonction des taux d'activité observés dans les données de l'EFBMPC, complétées par des données de l'Évaluation de la démonstration de plantations de Forêt 2020 (RNCan, 2005b). Ressources naturelles Canada (RNCan) a fourni des données récentes du programme fédéral d'afforestation. En outre, depuis le rapport de 2022, les valeurs estimatives déclarées dans cette catégorie comprennent l'effet des données sur les activités de boisement pour l'Ontario de 2007 à 2019 obtenues grâce à une entente de transmission de données avec Forests Ontario afin d'avoir accès à leur base de données sur les activités de plantation d'arbres.

Depuis 2021, les activités d'afforestation au Canada ont été estimées à l'aide d'une méthode qui établit les stocks de carbone initiaux dans l'écosystème selon les catégories d'affectation des terres d'origine et définit la dynamique du carbone postérieure à la plantation selon le type de couverture forestière planté (consulter la section A3.5.2.4; Hafer et al., 2022).

Les émissions et les absorptions de GES sur les terres récemment converties en forêts ont été estimées à l'aide du modèle MBC-SFC3, tel que décrit à la section A3.5.2.1. Toutefois, durant l'année de conversion, la perte de biomasse des terres cultivées est estimée à l'aide des rendements antérieurs, des relations décrivant les indices de récolte et des rapports racines/parties aériennes (voir la section A3.5.4.2). Il est présumé qu'en général, les écosystèmes accumulent lentement le C dans le sol. Compte tenu de l'échéancier limité de cette analyse et de l'ampleur des activités concernant d'autres activités d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres, il est déduit que l'incidence de ce degré d'incertitude, s'il existe, est minime.

10 https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/E-LULUCF/?lang=fr

6.3.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Des défis importants restent encore à relever, étant donné l'absence d'un système national de surveillance du boisement, et parce qu'il n'est actuellement pas possible d'effectuer une simulation de Monte-Carlo au moyen de la structure d'entrée des données du modèle pour cette catégorie. Compte tenu de ces limites, les estimations initiales du degré d'incertitude ont été établies d'après le jugement d'experts. Il est présumé que l'estimation des intervalles de confiance de 95 % pour cette catégorie pouvait être de 10 % inférieure ou de 200 % supérieure à la valeur déclarée.

6.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de qualité de Niveau 2 (Dymond, 2008) traitent spécifiquement de la préparation des estimations dans la catégorie des Terres forestières. Environnement et Changement climatique Canada, tout en ayant ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir la section 1.3, Chapitre 1), a appliqué des procédures particulières aux estimations venant de ses partenaires, de même qu'à toutes les estimations et les données sur les activités venant de l'entrepôt de données ATCATF (Blondel, 2022) qui sont ensuite saisies dans le logiciel CRT Reporter.

6.3.2.5. Recalculs

Des recalculs ont eu lieu en raison de ce qui suit : (i) le carbone dans la biomasse a été amélioré dans les Terres cultivées; (ii) les données sur les activités d'afforestation ont été révisées, de même que leur incidence sur les émissions résiduelles. Ce changement a entraîné un recalcul à la baisse de -87 kt en 1990, de -63 kt en 2005 et de -2,1 kt en 2023.

6.3.2.6. Améliorations prévues

Bien que l'accès aux données sur les activités de boisement demeure limité, des efforts continus sont déployés pour obtenir plus de données sur les dernières années de la part des organismes provinciaux et territoriaux chargés de la gestion des ressources. Les estimations du degré d'incertitude seront également perfectionnées à mesure que de nouvelles données seront obtenues.

6.4. Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G des TCD)

6.4.1. Description de la catégorie

Les gains et pertes découlant de la catégorie des Produits ligneux récoltés sont déclarés à l'aide de la méthode de décomposition simple décrite à l'annexe du Volume 4, Chapitre 12, section 12A.3.2, Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (ci-après appelées Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, [GIEC, 2019]). L'approche de décomposition simple est semblable à l'approche de production, car elle suit tous les flux de carbone associés aux PLR des Terres forestières aux réservoirs de PLR et jusqu'à la fin de la vie utile des PLR, mais elle en diffère en intégrant les produits de la bioénergie et des déchets de bois issus de l'extraction de bois des terres forestières. Le bois récolté des terres forestières est déclaré en tant que carbone sortant de l'écosystème forestier pour ensuite entrer dans les produits ligneux récoltés (des précisions se trouvent à la section A3.5.3).

Les gains et les pertes associés à cette catégorie résultent de l'utilisation et de l'élimination des PLR fabriqués à partir de bois obtenu de l'exploitation industrielle du bois rond sur les terres forestières, de récolte de bois de chauffage résidentiel dans les forêts et autres terres boisées et de conversion des forêts au Canada qui sont ensuite consommés soit au pays, soit à l'étranger. Les produits éliminés au terme de leur vie utile sont transférés au flux de déchets dans le pays où le bois a été utilisé. Comme une grande proportion du bois canadien est exporté, il n'a pas été possible de suivre avec exactitude le devenir de ce carbone.

Les flux de carbone dans cette source sont influencés par l'équilibre entre les nouveaux intrants de récolte (dont les produits à courte durée de vie et les déchets de bois) et la décomposition des produits ligneux de durée de vie plus longue issus des récoltes antérieures. La catégorie des PLR a principalement agi comme réservoir croissant de carbone durant toute la série chronologique, le stockage de carbone y ayant atteint une absorption nette maximale en 2004 (-61 Mt d'éq. CO_2), année qui coïncide avec le sommet des taux de récolte. Cependant, la catégorie a été déclarée comme une source nette d'émissions en 2009 et en 2023, où le réservoir de PLR en décomposition dépassait les nouveaux intrants de C, d'où des pertes respectives de 1,0 et 0,7 Mt d'éq. CO_2 dans le réservoir des PLR. En 2024, ce réservoir a gagné -0,6 Mt d'éq. CO_2, une baisse importante du stockage de carbone annuel comparativement à celui de 57 Mt d'éq. CO_2 en 2005 et de 39 Mt d'éq. CO_2 en 1990 (Tableau 6–7). Cette tendance reflète l'incidence des pertes de carbone tardives issues des apports des récoltes antérieures, auxquelles s'ajoute la baisse du nouveau carbone stocké dans les PLR résultant des faibles niveaux de récolte récents.

Pour l'ensemble de la période de déclaration, le carbone sous forme de biomasse transféré à partir des terres forestières est déclaré comme une perte de carbone de l'écosystème forestier (la ligne pointillée dans la Figure 6–5), qui correspond à la valeur déclarée dans les rapports d'inventaire antérieurs à l'adoption du modèle des PLR en 2015. Le carbone transféré de l'écosystème forestier vers les réservoirs de PLR crée un réservoir de carbone qui est stocké dans les produits en cours d'utilisation. La différence nette entre les transferts entrant dans le réservoir de carbone des PLR et ceux en sortant, que ce

soit par l'élimination de produits ou par les émissions issues de la combustion en tant que bioénergie (les barres dans la Figure 6–5), sont représentatifs des flux déclarés selon la méthode de décomposition simple telle que définie dans la Révision 2019 des lignes directrices du GIEC 2006 (GIEC, 2019). Ces différences représentent la hausse et la baisse annuelle nette des stocks de carbone dans le réservoir des PLR. À l'exception de 2009 et 2023, les intrants de C annuels dans les réservoirs de PLR ont toujours dépassé les extrants. Cependant, cette tendance est en train de se stabiliser : la fluctuation des stocks cumulatifs dans les PLR tend vers zéro au cours des dernières années. Au total, 610 Mt de C ont été transférées vers le réservoir de PLR et stockées dans celui-ci, dont environ 300 Mt se sont ajoutées durant la période de déclaration.

Les gains et les pertes associés à la catégorie Produits ligneux récoltés sont inextricablement liés aux émissions et absorptions déclarées dans la catégorie Terres forestières : la somme des émissions et absorptions nettes déclarées dans la catégorie des Terres forestières et des émissions déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés donne une estimation des émissions et absorptions nettes totales déclarées comme provenant des forêts aménagées (Figure 6–2).

Tableau 6–7 **Stocks de carbone dans le réservoir des produits ligneux récoltés et pertes découlant de l'utilisation et de l'élimination de ces produits**

Sous-catégories de source / Produits de base	Affectation des terres	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Stocks et flux de carbone (kt C)[a]									
Apports		**46 000**	**56 000**	**40 000**	**40 000**	**39 000**	**37 000**	**34 000**	**33 000**
Récolte conventionnelle[b]	Terres forestières	40 000	51 000	36 000	35 000	35 000	33 000	30 000	30 000
Conversion de forêts[b]	Terres cultivées	1 100	430	630	700	700	690	650	650
	Terres humides	2,8	5,6	7,7	8,9	19,0	9,4	-	-
	Établissements	670	690	620	570	590	570	610	560
Bois de chauffage résidentiel[c]	Terres forestières	4 100	3 100	3 200	2 800	2 500	2 700	2 500	2 300
	Terres cultivées	230	130	150	140	140	140	140	140
	Établissements	82	83	84	84	84	84	84	84
Exportations		19 000	31 000	20 000	18 000	18 000	16 000	15 000	15 000
Stocks nets[d]		330 000	520 000	610 000	610 000	610 000	610 000	610 000	610 000
Flux de carbone – Consommation nationale à partir de la récolte		**24 000**	**20 000**	**19 000**	**20 000**	**20 000**	**20 000**	**18 000**	**18 000**
Bois massif – Bois scié		1 500	2 100	2 700	2 700	2 800	2 800	2 800	2 800
Bois massif – Panneaux de bois		730	890	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Autres produits de bois massif		250	520	610	610	610	610	620	620
Pâtes et papiers commerciaux		2 300	210	820	760	700	650	610	570
Bois de chauffage – Résidentiel et industriel		14 000	16 000	13 000	13 000	13 000	14 000	12 000	12 000
Résidus de transformation du bois[e]		5 000	450	320	1 400	810	970	530	530
Échelle mondiale, issues de la récolte canadienne		**12 000**	**20 000**	**17 000**	**17 000**	**16 000**	**16 000**	**16 000**	**15 000**
Bois massif – Bois scié		2 700	4 400	5 300	5 300	5 400	5 400	5 400	5 400
Bois massif – Panneaux de bois		210	1 200	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
Autres produits de bois massif		14	14	18	18	18	19	19	19
Pâtes et papiers commerciaux		8 500	14 000	9 600	9 300	8 900	8 500	8 000	7 600
Résidus de transformation du bois[e]		120	580	510	550	550	550	490	490
Flux net (kt CO_2)		**-39 000**	**-57 000**	**-18 000**	**-10 000**	**-11 000**	**-3 100**	**640**	**- 720**

Notes :
I = Inexistant
a. Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
b. Estimation du carbone (C) obtenue à l'aide du modèle MBC-SFC3 dans la biomasse ligneuse résultant des activités d'exploitation (y compris les coupes de récupération pratiquées à la suite de perturbations naturelles sur des terres forestières) et de conversion des forêts au Canada et qui serait déclaré comme déperdition de C dans le Tableau 4.A des TCD dans la catégorie des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé et dans les tableaux 4.B, 4.D et 4.E dans les sous-catégories reliées à la conversion des forêts si l'on appliquait la méthode de l'oxydation immédiate pour les PLR.
c. Inclut le C du bois de chauffage résidentiel récolté dans les forêts, de la biomasse ligneuse d'origine agricole et des arbres urbains, que l'on suppose être brûlé au cours de l'année de la récolte. Ce C serait déclaré comme une déperdition de carbone dans les Terres forestières dont la vocation n'a pas changé du Tableau 4.A des TCD, dans les Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, du Tableau 4.B, et dans les Établissements dont la vocation n'a pas changé du Tableau 4.E, si l'on appliquait la méthode de l'oxydation immédiate pour les PLR.
d. Représente la quantité de C dans le réservoir de PLR à la fin de l'année de déclaration. Étant donné que les apports du modèle tiennent compte des récoltes depuis 1900, les stocks nets, pour la période de déclaration, peuvent inclure le C du bois récolté avant 1990.
e. Il est supposé que les résidus sont éliminés au cours de l'année de la récolte.

6.4.2. Questions de méthodologie

Un modèle propre au Canada recourant à la méthode de décomposition simple du GIEC, le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le C des forêts pour les Produits ligneux récoltés (SNSCPRCF-PLR)[11], est utilisé pour suivre et quantifier le devenir du C exporté des Terres forestières lors de la récolte en forêt, de la conversion des forêts ou de la collecte de bois de chauffage sur les Terres forestières, les Terres cultivées ou les zones d'Établissements. Ce modèle permet un suivi des sous-réservoirs de PLR et des flux de C entre les sous-réservoirs, et ce, pendant tout le cycle de vie des produits ligneux (fabrication, utilisation, commerce et élimination).

11 Système canadien de déclaration du carbone forestier : https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/carbone-forestier/comptabilisation-carbone-forestier.

La méthode de décomposition simple (voir la section 12A.3.2 de GIEC [2019]) exclut les importations de PLR et inclut toutes les exportations de PLR[12]. Cette méthode quantifie toutes les exportations de carbone des catégories des Terres, y compris les produits ligneux pour lesquels le stockage n'a pas lieu, tels que les produits ligneux liés à la bioénergie résidentielle. Le stockage de carbone dans les produits ligneux à courte et à longue durée de vie est traité de la même façon que dans la méthode de production, les pertes étant calculées selon les demi-vies des produits ligneux entrant dans le réservoir. La perte de carbone provenant de l'élimination de produits ligneux à courte et à longue durée de vie et de la combustion de produits ligneux à des fins de bioénergie sont déclarées comme du CO_2 dans la catégorie de source des PLR; les émissions de CH_4 et de N_2O découlant de la combustion ou de la décomposition des PLR sont déclarées dans les secteurs Énergie et Déchets du pays où ces produits sont utilisés ou éliminés, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour le pays où ils sont éliminés (des renseignements supplémentaires se trouvent dans la section A3.5.3). Pour les PLR consommés et éliminés au Canada, les émissions de CH_4 étaient déclarées dans le secteur des Déchets, et les émissions issues de la récupération du méthane à des fins énergétiques étaient incluses dans le secteur de l'Énergie, conformément aux Lignes directrices du GIEC 2006 (GIEC, 2006; Chapitre 12, section 12.1).

Le modèle des PLR se sert du carbone transféré des récoltes comme intrant. Ces intrants (voir le Tableau 6–7) comprennent : i) la masse annuelle de C transférée aux produits ligneux forestiers résultant de la récolte contemporaine classique[13] et de la récolte de bois de chauffage résidentiel sur les terres forestières, et une portion relativement faible dans les terres forestières converties en terres cultivées, en terres humides (réservoirs hydroélectriques) et en établissements (environ 2,7 % de tous les intrants de toute année) transférées du modèle MBC-SFC3 (voir la section 6.3.1.2); ii) une quantité annuelle additionnelle de C provenant de la biomasse ligneuse récoltée des terres agricoles et des arbres urbains sur les terres de la catégorie Établissements et utilisées pour la bioénergie résidentielle (Tableau 6–7). Les données sur les récoltes depuis 1990 ont été générées par le modèle MBC-SFC3 de dynamique du carbone des écosystèmes forestiers propre au Canada, données connues spatialement par unités de rapprochement (UR) (voir la section 6.3.1.2). Les données sur les récoltes antérieures entre 1941 et 1989 étaient regroupées au niveau national par Statistique Canada; elles ont servi à calculer rétrospectivement celles de la période entre 1900 et 1940.

Les données sur le volume annuel de bois de chauffage résidentiel et industriel sont fournies par le secteur de l'Énergie (voir la section A3.1.4.1.4). Les données sur le bois de chauffage résidentiel sont extraites d'enquêtes sur l'utilisation du bois de chauffage résidentiel pour les années 1997, 2003, 2007, 2015, 2017 et 2019 (Statistique Canada 1997, 2003, 2007, 2015, 2017 et 2019); les données de consommation de granules et de bûches fabriquées, d'enquêtes des années 1996, 2006, 2012, 2017 et 2019 (Canadian Facts 1997; TNS 2006; TNS 2012; Statistique Canada, 2017, 2019). Les données sur la consommation de bois de chauffage dans les territoires proviennent des statistiques sur la récolte de bois de chauffage et de bois de foyer publiées dans la Base de données nationale sur les forêts[14]; quant aux données sur la consommation industrielle de bois de chauffage, elles sont tirées du *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE). Pour de plus amples renseignements sur la méthode d'estimation, les sources de données et les paramètres employés dans le modèle, consulter les sections 3.1 et A3.5.3.

Le Tableau 4.G des TCD présente les données sur les activités et les estimations annuelles des apports de C, les fluctuations des stocks dans le réservoir de PLR et les émissions nettes résultantes pour chaque produit de base. Conformément à l'approche de décomposition simple, les suppositions suivantes ont été formulées pour déclarer les données relatives aux PLR dans ce tableau :

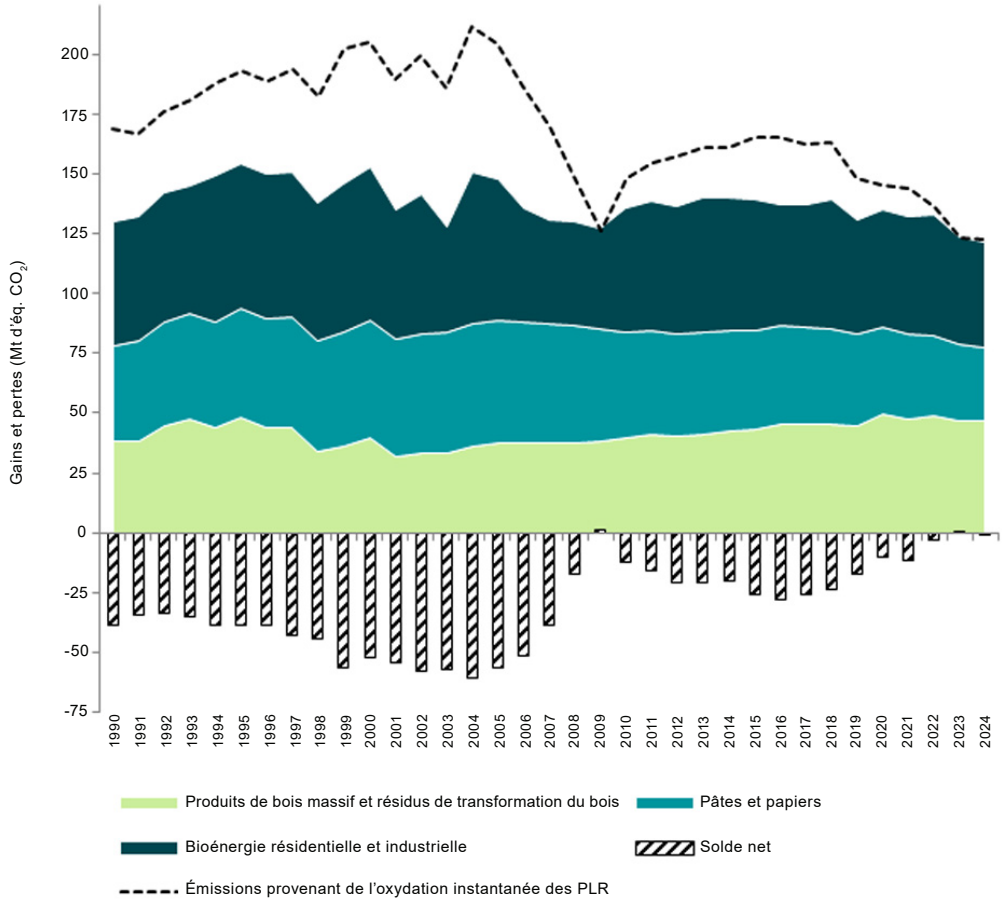
- **La colonne C (gains)** : correspond aux apports de C associés au C transféré de toute catégorie de terres productrices de bois (p. ex., Terres forestières) vers les réservoirs de PLR utilisés au pays et exportés. Ces apports en C représenteraient des transferts vers le réservoir des PLR, déclarés dans la colonne U des tableaux 4.A, 4.B, 4.D et 4.E.
- **La colonne D (pertes)** : correspond aux pertes de C calculées à l'aide de l'équation de la méthode de décomposition 12.1 décrite au Chapitre 12 du Volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour les PLR ayant des demi-vies plus longues et provenant de la combustion de bois de chauffage annuelle et de l'oxydation de déchets de sciage.
- **La colonne F (variation annuelle des stocks)** : calculée comme la variation interannuelle nette des stocks dans le réservoir de PLR. Les valeurs annuelles totales des stocks nets sont présentées dans le Tableau 6–7.
- **La colonne G (gains et pertes nets attribuables aux PLR utilisés, CO_2)** : les valeurs figurant dans cette colonne correspondent aux émissions de CO_2 associées aux variations de carbone dans le réservoir de PLR calculé comme 44/12 × (récolte de carbone annuelle nationale – rejet de carbone annuel issu des PLR provenant de bois récolté dans le pays faisant la déclaration à la fin de sa durée de vie utile, y compris le bois exporté, en excluant les importations).

12 En ce moment, il n'existe pas de statistiques sur l'exportation de la bioénergie; la bioénergie modélisée est résidentielle.

13 La récolte contemporaine désigne les activités de récoltes pratiquées depuis 1990.

14 Base de données nationale sur les forêts, disponible en ligne https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/011ff922-fb26-4edc-9474-f10acf410dbc.

Figure 6–5 **Gains et pertes du réservoir de Produits ligneux récoltés selon l'approche de décomposition simple**



Notes :
Le solde net est la différence entre le C transféré dans le réservoir des PLR et le flux net des PLR, la valeur déclarée dans les TCD représentant le flux net en provenance ou en destination du réservoir des PLR.
Cette série de données représente le solde net de C transféré annuellement des forêts et d'autres affectations des terres vers le réservoir de PLR en unité de CO_2. Les coupes de récupération pratiquées à la suite de perturbations naturelles sur des terres forestières sont incluses.

6.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Lors de l'évaluation du degré d'incertitude associé à la catégorie des Produits ligneux récoltés, les paramètres du modèle subissent des variations dans des simulations de Monte-Carlo. En outre, 100 données d'entrée de PLR sont produites à partir des analyses de l'incertitude du modèle MBC-SFC3 (écosystème). Ces simulations servent à estimer l'incertitude combinée associée aux deux systèmes (c.-à-d. les modèles MBC-SFC3 et SNSCPRCF-PLR) pour tout le C contenu dans les produits récoltés depuis 1990 (Tableau 6–8). D'autres paramètres ont été utilisés dans l'analyse de Monte-Carlo, notamment les distributions des incertitudes pour les intrants historiques (récolte avant 1990), les intrants contemporains (récolte depuis 1990) et cinq paramètres d'affectation liés à la bioénergie. Les pratiques exemplaires quant au traitement de l'incertitude dans le cadre de la nouvelle méthode en matière de déclaration sont toujours en cours d'évaluation. Dans le présent rapport, les intervalles de confiance sont établis en fonction des estimations des changements en carbone dans les réservoirs de PLR associées à la récolte classique et à la conversion des terres forestières. Les intervalles de confiance sont encore considérés comme justes, mais il se pourrait que la symétrie de l'intervalle autour de la moyenne soit biaisée. Pour des précisions, consulter la section A3.5.3.

6.4.4. AQ/CQ et vérification

Environnement et Changement climatique Canada, tout en ayant ses procédures d'AQ/CQ pour les estimations réalisées à l'interne (se référer au Chapitre 1 à la section 1.3), applique des procédures pour vérifier les estimations venant de ses partenaires, ainsi que toutes les estimations et les données sur les activités compilées dans l'entrepôt de données ATCATF (Blondel, 2022) qui sont ensuite saisies dans le logiciel CRT Reporter des TCD.

6.4.5. Recalculs

Des recalculs ont été effectués dans la catégorie des Produits ligneux récoltés en raison de mises à jour apportées aux aspects suivants : i) les paramètres du modèle sur les PLR, d'après les plus récentes statistiques sur les produits forestiers canadiens de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)[15], ii) les paramètres de conversion pour les produits de base, iii) les données sur les activités d'incinération des déchets; iv) les données sur les activités et coefficients d'émission en lien avec la bioénergie résidentielle (voir la section 6.9.5).

Associées à la méthodologie et aux données sur les activités, ces modifications ont eu pour effet une légère révision à la baisse des recalculs des flux totaux déclarés dans cette catégorie au début de la série chronologique, et des recalculs à la hausse plus tard dans la série chronologique. Les recalculs dans les principales années de déclaration ont entraîné une révision à la baisse du stockage de carbone dans les PLR de -0,15 Mt d'éq. CO_2 en 1990 et une révision à la hausse du stockage de carbone de 0,02 Mt d'éq. CO_2 en 2005 et de 5,8 Mt d'éq. CO_2 en 2023.

Tableau 6–8 **Estimations des gains et des pertes de CO_2 provenant des produits ligneux récoltés, aux 2,5e et aux 97,5e percentiles, certaines années**

Année d'inventaire	Source d'apports de C	Gains et pertes (Mt CO_2)	2,5e percentile (Mt)	% d'incertitude (2,5e percentile)	97,5e percentile (Mt)	% d'incertitude (97,5e percentile)
1990	Conversion de forêts – depuis 1990	-3,9	-3,0	-22	-4,3	12
	Récolte conventionnelle – depuis 1990	-88	-116	31	-95	8
	Récolte historique – avant 1990	53	41	-24	67	25
2005	Conversion de forêts – depuis 1990	-1,4	-1,3	-4,0	-1,8	33
	Récolte conventionnelle – depuis 1990	-71	-94	32	-75	5,8
	Récolte historique – avant 1990	15	12	-24	20	33
2024	Conversion de forêts – depuis 1990	-0,9	-1,0	13	-1,9	111,6
	Récolte conventionnelle – depuis 1990	-10	-20	110,6	-17	80,6
	Récolte historique – avant 1990	10	7,7	-23	11	9

6.4.6. Améliorations prévues

Des recherches sont en cours pour améliorer la différentiation régionale de la production et du commerce des PLR de façon que les résumés provinciaux et territoriaux représentent exactement les conditions régionales. D'autres recherches visent à caractériser les matières premières de la biomasse utilisée comme combustible dans le secteur de l'industrie.

Pour des précisions, consulter la section 6.3.1.6 ainsi que la section 8.3.1 et le Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.5. Terres cultivées (catégorie 4.B des TCD)

Les terres cultivées couvrent environ 46 Mha du territoire canadien. En 2024, le bilan net des GES dans cette catégorie correspondait à des absorptions nettes de 3,6 Mt (Tableau 6–1). Pour les besoins des rapports à la CCNUCC, la catégorie des Terres cultivées est subdivisée en Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (absorptions nettes de 10 Mt en 2024) et en Terres (c.-à-d. soit des Terres forestières, soit des Prairies) converties en terres cultivées (émissions nettes de 6,5 Mt en 2024). Les estimations des Terres converties en terres cultivées englobent les émissions et les absorptions nettes de CO_2, ainsi que les émissions de N_2O et de CH_4.

6.5.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.B.1 des TCD)

6.5.1.1. Description de la catégorie

Les terres agricoles cultivées au Canada comprennent les terres de grande culture, les jachères, les champs de foin et les pâturages cultivés ou ensemencés, surtout situées dans les neuf zones de déclaration les plus méridionales. Près de 83 % des terres cultivées du Canada se trouvent dans les plaines intérieures de l'Ouest, qui correspondent aux zones de déclaration des Prairies semi-arides, des Prairies subhumides et des Plaines boréales tandis qu'un autre 12 % se trouvent dans la zone de déclaration des Plaines à forêts mixtes de l'Est du Canada.

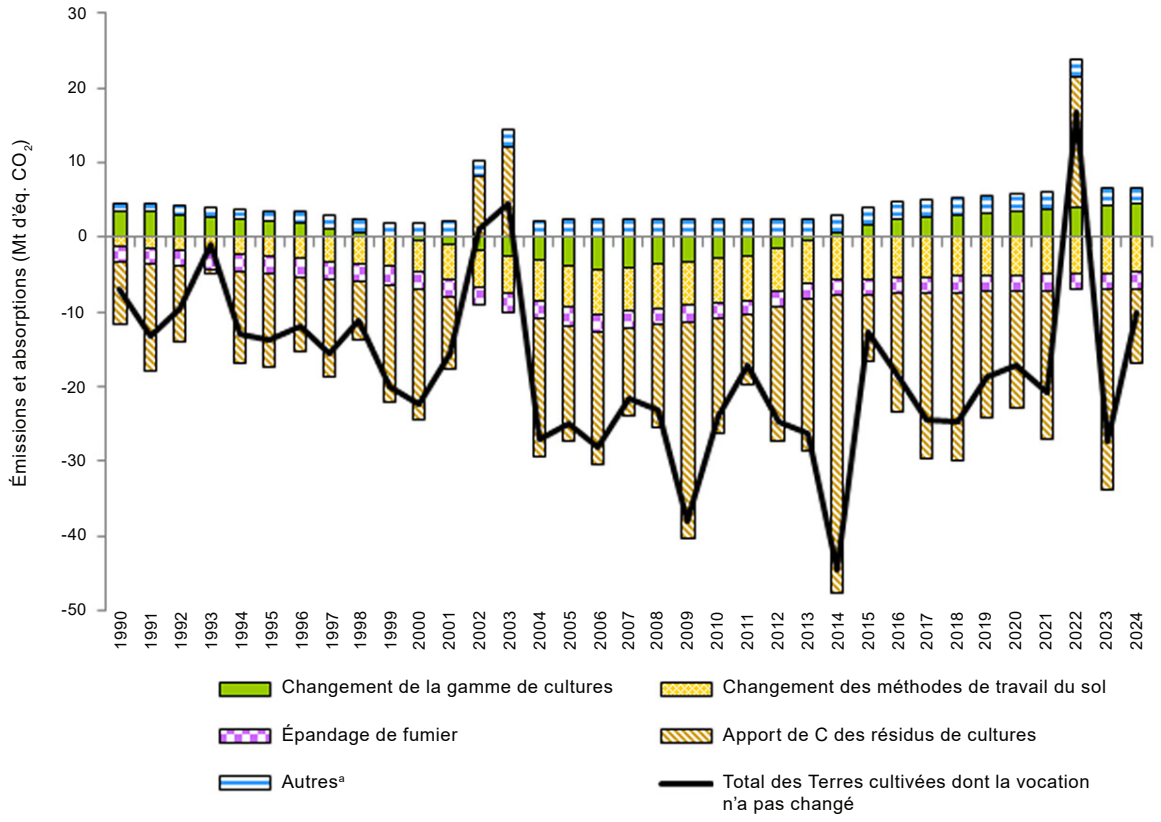
15 FAOSTAT Forêts, Production et Commerce : https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FO; FAOSTAT Flux du commerce : https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FT.

La sous-catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé comprend les émissions et absorptions de CO_2 des sols minéraux, les émissions de CO_2 résultant de la culture des sols organiques et les émissions et absorptions de CO_2 découlant des fluctuations survenues dans la biomasse ligneuse associée aux cultures spécialisées, aux arbres et arbustes, et aux terres qui ne répondent pas à la définition de Terres forestières (Figure 6–6). Une méthode de Niveau 2 améliorée est utilisée pour estimer les émissions de CO_2 des sols minéraux et les absorptions de CO_2 par ces sols, lesquelles sont influencées par les changements dans les pratiques de travail du sol et la conversion des cultures pérennes en cultures annuelles, en fonction de la superficie. Depuis le rapport de 2022, la méthode d'état d'équilibre de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2019; Thiagarajan et al., 2022) sert à estimer l'effet de la productivité des cultures et des résidus de récolte subséquents sur le stockage du C du sol. Par conséquent, l'inclusion explicite de coefficients relatifs à la superficie en jachère est éliminée comme facteur distinct de fluctuation du C dans le sol des terres cultivées. Les absorptions de CO_2 associées à l'apport en C accru dans les sols en raison de la réduction des terres en jachère sont estimées exclusivement d'après les variations de la production des cultures pour éviter la double comptabilisation, puisque les estimations régionales de la variation de la productivité des cultures comprennent intrinsèquement la superficie réduite des terres en jachère. En outre, à l'aide des facteurs de rétention du C par le fumier, une méthode propre au pays a été mise au point pour estimer le stockage du C dans le sol lorsqu'il y a épandage de fumier sur les sols soumis à des cultures annuelles (Liang et al., 2021).

6.5.1.1.1. Émissions et absorptions de CO_2 par les sols minéraux

La grande majorité des terres cultivées (près de 100 %) est constituée de sols minéraux. La quantité de C organique retenue dans le sol est fonction de la production végétale et du taux de décomposition du COS. Les méthodes de travail du sol et d'aménagement peuvent entraîner une hausse ou une baisse de la quantité de C organique stockée dans les sols. Cette fluctuation du COS entraîne des émissions de CO_2 dans l'atmosphère ou des absorptions.

Figure 6–6 **Émissions et absorptions attribuables aux Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé**



Note :
a. «Autres» comprend les émissions et absorptions associées aux cultures ligneuses pérennes, à la récolte de biomasse ligneuse et à la culture des histosols, ainsi que les émissions résiduelles associées à l'historique de conversion des terres en terres cultivées.

En 1990, les changements apportés aux pratiques d'aménagement des sols minéraux ont représenté une absorption nette de CO_2 de 8 Mt (Tableau 6–9). L'absorption de CO_2 par les sols a augmenté à 27 Mt en 2005 et 12 Mt en 2024. Depuis 1990, en moyenne, les rendements des principales grandes cultures ont augmenté de 6,9 % pour l'orge, de 55 % pour le canola, de 35 % pour le maïs, de 4 % pour le soja et de 26 % pour le blé de printemps. Ces rendements ont toutefois connu des fluctuations d'une année à l'autre, ce qui a eu une incidence sur les apports de C aux sols par les résidus de cultures et entraîné des fluctuations dans les absorptions nettes de CO_2 par les sols, qui ont atteint 8 Mt en 1990, 15 Mt en 2005 et 10 Mt en 2024. La variabilité interannuelle tend à être élevée dans l'ensemble de la série chronologique, ce qui correspond aux effets des conditions météorologiques sur la production agricole.

La superficie des terres subissant un travail de conservation du sol a connu une augmentation importante, passant de 11 Mha en 1990 à 29 Mha en 2024, et cette tendance rend compte des absorptions de CO_2 par les sols qui se sont élevées à 1,3 Mt en 1990 et à 5,6 Mt en 2005, avant de se stabiliser à 4,7 Mt en 2024 (Tableau 6–9; Campbell et al., 1996; Janzen et al., 1998; McConkey et al., 2003). De plus, la proportion des cultures pérennes par rapport aux cultures annuelles a augmenté entre 1990 et 2006, l'augmentation observée dans le changement net de la gamme de cultures ayant produit 3,5 Mt d'émissions nettes en 1990, 3,8 Mt d'absorptions nettes en 2005 et 4,5 Mt d'émissions nettes en 2024. Cependant, depuis 2006, les cultures annuelles représentent une portion plus importante de la gamme de cultures, tandis que l'adoption des pratiques culturales de conservation du sol a diminué. L'épandage de fumier sur des terres de cultures annuelles a contribué aux absorptions relativement constantes de CO_2 par les sols variant de 2,1 à 2,5 Mt annuellement, ce qui reflète les variations dans les populations de bovins de boucherie, de porcs et de volaille. En conséquence de ces changements combinés aux pratiques de gestion, depuis 2006, les absorptions nettes par les sols minéraux ont augmenté presque toutes les années, principalement en raison de la diminution de la proportion des cultures pérennes dans la gamme de cultures et de fluctuations dans l'apport de C par le rendement des cultures et les résidus de cultures.

Tableau 6–9 **Émissions et absorptions, pour l'année de référence et des années récentes, associées à divers changements d'aménagement des terres dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé**

Catégories	Changement d'aménagement des terres (CAT)	Émissions/Absorptions (kt d'éq. CO_2) [a]							
		1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TOTAL DES TERRES CULTIVÉES DONT LA VOCATION N'A PAS CHANGÉ		**-7 000**	**-25 000**	**-19 000**	**-17 000**	**-21 000**	**17 000**	**-27 000**	**-10 000**
Culture des histosols		**1 100**	**1 100**	**1 100**	**1 100**	**1 100**	**1 100**	**1 100**	**1 100**
Cultures ligneuses pérennes		**-1000**	**41**	**-10**	**20**	**16**	**15**	**-65**	**-110**
Biomasse ligneuse transférée en PLR		**840**	**490**	**540**	**530**	**520**	**530**	**520**	**520**
Total – sols minéraux		**-8 000**	**-27 000**	**-20 000**	**-19 000**	**-22 000**	**15 000**	**-29 000**	**-12 000**
Changement de la gamme de cultures	Hausse des cultures pérennes	-3 600	-12 000	-11 000	-11 000	-11 000	-11 000	-11 000	-11 000
	Hausse des cultures annuelles	7 100	8 500	15 000	15 000	15 000	15 000	16 000	16 000
Changement des méthodes de travail du sol	Conventionnel à réduit	- 870	-1 000	-650	-630	-600	-590	-580	-560
	Conventionnel à sans labour	-420	-3 700	-3 500	-3 500	-3 500	-3 400	-3 400	-3 300
	Autres[b]	-0.5	-860	- 920	- 900	- 870	-850	-830	-800
Apport de C des résidus de cultures		-8 300	-15 000	-17 000	-16 000	-20 000	17 000	-27 000	-10 000
Épandage de fumier		-2 100	-2 500	-2 200	-2 200	-2 200	-2 100	-2 100	-2 100
Conversion des terres – Émissions résiduelles[c]		110	680	700	700	700	700	700	700

Notes :

a. Le signe négatif indique une absorption de CO_2 atmosphérique.

b. Inclut le passage du travail du sol réduit à la pratique sans labour, ainsi que d'autres changements de type de travail du sol ayant relativement peu d'incidence sur les émissions et les absorptions, à savoir : travail réduit du sol à travail du sol classique, sans labour à travail du sol classique et sans labour à travail réduit du sol.

c. Ces émissions résiduelles nettes de CO_2 proviennent de conversions de Terres forestières et de Prairies en Terres cultivées qui se sont produites plus de 20 ans avant l'année d'inventaire, y compris les émissions attribuables à la décomposition de la biomasse ligneuse et de la MOM.

6.5.1.2. Questions de méthodologie

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), les fluctuations du COS sont attribuables à des changements dans la gestion des sols. Si aucun changement n'est intervenu au niveau de la gestion, il est présumé que les sols minéraux ne séquestrent pas et ne perdent pas de C.

VandenBygaart et al. (2003) ont compilé les données publiées tirées d'études de longue durée menées au Canada pour évaluer l'effet des pratiques de gestion des terres agricoles sur le COS, ont sélectionné les pratiques de gestion clés et les changements dans les pratiques susceptibles de provoquer des changements dans les stocks de C du sol et sur lesquels des données sur les activités (série chronologique des pratiques de gestion) figuraient dans le *Recensement de l'agriculture*. Plusieurs pratiques de gestion sont connues pour augmenter le COS dans les terres cultivées; il s'agit notamment de la réduction de l'intensité du travail du sol, de l'intensification de l'assolement, de l'adoption de pratiques favorisant le rendement et le rétablissement de la végétation pérenne (Janzen et al., 1997; Bruce et al., 1999). D'autres changements dans l'aménagement des terres (CAT), comme l'épandage de fumier et l'augmentation de la productivité des cultures, sont

également connus pour avoir des effets positifs sur la quantité de COS. Les données sur les taux de production annuelle de la biomasse peuvent être calculées à partir des estimations du rendement effectuées pour estimer les émissions de N_2O provenant des résidus de cultures (Thiagarajan et al., 2018), comme peuvent le faire les données sur l'apport du C dans le fumier. Les estimations des changements dans le CO_2 des sols minéraux sont tirées des CAT suivants :

- changement de la proportion des cultures annuelles et pérennes
- changement dans les méthodes de travail du sol
- changement dans la productivité des cultures et dans l'apport de C par les résidus de cultures
- épandage de fumier

Les émissions et les absorptions de C sont estimées en appliquant une combinaison de coefficients d'émission et d'absorption du C par zone et propres au pays, multipliés par la superficie de terres ayant subi des changements en matière de pratiques de gestion (pour les changements en matière de travail du sol et de mélange de cultures pérennes et annuelles), et les coefficients de variation du C propres au pays, fondés sur les variations des taux d'apports de C par les résidus de cultures, multipliés par la superficie estimative des terres à vocation agricole. Les absorptions de C dans les sols découlant de l'épandage de fumier ont été estimées à l'aide des facteurs de rétention du C du fumier. Les taux de production de fumier correspondent aux données produites pour estimer les émissions de N_2O dans le Chapitre 5. Les calculs ont été effectués à l'échelle des polygones des pédopaysages du Canada (PPC) (voir la section A3.5.1). Les coefficients d'émission et d'absorption du C représentent le taux de fluctuation du COS par an et par unité de surface des terres soumises à un changement d'aménagement des terres.

L'incidence des CAT sur le COS varie en fonction des conditions initiales. Par conséquent, pour obtenir l'estimation la plus précise de la variation des stocks de C dans les sols, il faut tenir compte individuellement des effets cumulatifs des antécédents de gestion à long terme de chaque parcelle de terrain ou de champ agricole. Le présent inventaire repose principalement sur le *Recensement de l'agriculture* pour estimer la superficie des CAT (p. ex. les variations des méthodes de travail du sol et de mélanges de cultures), qui ne sont pas spatialement explicites. La superficie de CAT a été déterminée individuellement dans les 3 475 PPC où se déroulent des activités agricoles, chacun ayant une superficie représentant en gros 1 000 à 1 000 000 d'hectares. Il s'agit du niveau de résolution le plus fin possible des données sur les activités reliées à une pédostrate écologique. Étant donné que seule la superficie faisant l'objet de chaque pratique est connue pour chaque année du *Recensement de l'agriculture*, seule la superficie nette de changement dans les méthodes d'aménagement des terres peut être estimée. Les estimations de ces CAT sont aussi proches de la superficie brute de CAT que possible pour les analyses régionales ou nationales.

La validité des estimations des CAT basées sur les données du recensement repose sur deux hypothèses essentielles : l'additivité et la réversibilité des coefficients de variation du C fondés sur la superficie. L'additivité présume que les effets cumulés de différents CAT ou de CAT à différents moments sont identiques à la somme des facteurs de chaque CAT pris individuellement. La réversibilité part de l'hypothèse que les effets sur le C d'un CAT dans un sens (p. ex. la conversion des cultures annuelles en cultures pérennes) sont l'opposé des effets sur le C du CAT dans le sens opposé (p. ex. la conversion de cultures pérennes en cultures annuelles).

Les divers coefficients de variation du C qui se rattachent à chaque pratique de travail du sol et chaque gamme de cultures pérennes ou annuelles (dans l'espace et dans le temps) ont été calculés à l'aide du modèle CENTURY (version 4.0) en comparant les résultats de scénarios « avec » et « sans » le changement de gestion en question.

La productivité des cultures a continué d'augmenter au Canada, probablement en raison des taux de fertilisation plus élevés et des améliorations à la génétique des cultures (Fan et al., 2019). La Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) fournit une méthode de Niveau 2 améliorée pour estimer les fluctuations dans le stockage du COS lorsqu'il varie en fonction de la productivité des cultures. Cette méthode a été appliquée à l'aide des données relatives à la biomasse des cultures conformément aux estimations d'azote (N) des résidus de culture employées dans les estimations des émissions d'oxyde de diazote au Chapitre 5.

Une méthode propre au pays utilisant le facteur de rétention de C provenant du fumier (Liang et al., 2020) a été mise au point pour estimer le puits de C du sol par suite de l'épandage de fumier aux sols des terres cultivées. Les estimations de la variation du COS ont été limitées à l'épandage du fumier dans les systèmes de cultures annuelles. La variation de COS causée par l'épandage de fumier dans les systèmes de cultures pérennes n'a pas été prise en compte, faute de données empiriques sur l'incidence de cette pratique.

Une description plus détaillée des méthodes employées pour calculer les coefficients de variation du C et d'autres paramètres clés se trouvent à la section A3.5.4.1.

6.5.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude est estimée analytiquement à l'aide d'une méthode de Niveau 1. L'estimation des incertitudes associées aux émissions et aux absorptions de CO_2 a été effectuée en tenant compte des incertitudes relatives aux changements en matière de gestion (c.-à-d. les changements dans les pratiques de travail du sol et les combinaisons de cultures annuelles et pérennes), ainsi que du coefficient de C qui leur est associé (McConkey et al., 2007).

L'incertitude associée à la superficie assujettie à une pratique d'aménagement donnée dans un écodistrict varie de façon inversement proportionnelle à cette pratique par rapport à la superficie totale des terres agricoles dans cet écodistrict. L'incertitude relative associée à la superficie d'une pratique de gestion (exprimée comme l'écart type pour une population supposée normale) est passée de 10 % à 1,25 % de la superficie à mesure qu'augmentait la superficie relative de cette pratique (McConkey et al., 2007).

Les incertitudes associées aux coefficients de variation du C dans le cas du travail du sol et des combinaisons de cultures annuelles et pérennes ont été attribuées à deux sources principales : i) l'incertitude liée au processus, inhérente aux variations du C à cause des imprécisions dans la prédiction de ces changements, même lorsque la pratique de gestion est parfaitement définie, et ii) l'incertitude situationnelle due à la variation de l'emplacement ou du moment de l'aménagement. La section A3.5.4.1 précise les processus d'estimation et les incertitudes situationnelles. Les estimations de l'incertitude associée aux émissions et aux absorptions de CO_2 par les sols minéraux ont été établies par McConkey et al. (2007), lesquels ont fait état de valeurs d'incertitude de ±19 % pour les niveaux et de ±27 % pour les tendances. Ces incertitudes n'ont pas été mises à jour depuis le rapport annuel de 2011. Les changements apportés aux données sur les activités agricoles dus à l'ajout des données d'observation de la Terre pourraient avoir légèrement modifié les estimations de l'incertitude.

Une analyse formelle de l'incertitude n'a pas encore été effectuée pour les estimations de la fluctuation du C des terres cultivées associée aux variations du rendement des cultures. La variabilité interannuelle est élevée tout au long de la série chronologique, illustrant principalement les effets des conditions météorologiques sur la production agricole, notamment la sécheresse dans les Prairies canadiennes. Par ailleurs, aucune analyse de l'incertitude formelle n'a été réalisée pour les estimations de la variation de C des terres cultivées découlant de l'épandage de fumier, bien qu'il existe des estimations de l'incertitude associée aux mesures sur le terrain de la rétention de C provenant du fumier.

La cohérence des estimations du CO_2 est assurée par l'emploi de la même méthodologie sur l'ensemble de la série chronologique.

6.5.1.4. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de qualité de Niveau 1 mis en œuvre par AAC portent spécifiquement sur l'élaboration des estimations dans la sous-catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé. Environnement et Changement climatique Canada, tout en ayant ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir la section 1.3 du Chapitre 1), en applique d'autres aux estimations venant de ses partenaires, de même qu'à toutes les estimations et les données sur les activités venant de son entrepôt de données ATCATF (Blondel, 2022) qui sont ensuite saisies dans le logiciel CRT Reporter. De plus, les données sur les activités, les méthodes et les modifications ont été consignées et archivées en formats papier et électronique.

En février 2009, le Canada a réuni une équipe internationale de scientifiques et d'experts du Danemark, de la France, du Japon, de la Suède, de la Russie et des États-Unis pour procéder à une évaluation d'AQ des méthodes. Des limitations du système actuel ont été constatées quant aux données sur les activités, ce qui pourrait éventuellement créer un biais dans les estimations des stocks de C actuels. En particulier, l'absence d'un ensemble complet et cohérent de données sur l'utilisation des terres et les problèmes liés à la notion et à l'application de la pseudo-rotation des cultures ont été mentionnés.

Les coefficients de variation du C pour les CAT utilisés dans l'inventaire ont été comparés aux coefficients empiriques de VandenBygaart et al. (2008). Cette comparaison montre que les données empiriques sur les changements des quantités de C dans les sols, changements attribuables à la culture sans labour, varient fortement, surtout dans l'Est du Canada. Toutefois, les coefficients modélisés se situaient encore dans la fourchette tirée des données empiriques. Liang et al. (2020) ont compilé des données sur la variation du stock de C du sol pour les pratiques classiques, les pratiques de labour réduit et les pratiques de culture sans labour appliquées aux sols agricoles au Canada, et ont rapporté que le climat, la texture du sol et la durée de l'aménagement sont les principaux facteurs de variation du C dans les systèmes de culture sans labour. Les résultats de l'analyse semblent indiquer qu'il est possible d'améliorer les estimations des effets d'une pratique de travail du sol en ajoutant des données plus récentes et plus exhaustives. Quant au passage des cultures annuelles aux cultures pérennes, le coefficient empirique moyen est de 0,59 Mg C ha^{-1} an^{-1}, ce qui se compare favorablement à la fourchette de 0,46 à 0,56 Mg C ha^{-1} an^{-1} relevée dans les coefficients modélisés pour les zones pédologiques de l'Ouest du Canada (VandenBygaart et al., 2008). Dans l'Est du Canada, deux coefficients empiriques de changement sont utilisés, mais ils semblaient en accord avec les valeurs modélisées (valeurs empiriques de 0,60 à 1,07 Mg C ha^{-1} an^{-1} contre des valeurs modélisées de 0,74 à 0,77 Mg C ha^{-1} an^{-1}).

La rétention de C provenant du fumier représente la fraction moyenne de l'apport de C provenant de différents fumiers qui est retenu dans le sol. La méthode propre au pays utilisant la rétention du C provenant du fumier a été établie par l'analyse de dix études à long terme sur l'épandage de fumier sur des sols canadiens dans un large éventail de conditions climatiques et pédologiques dans l'ensemble du pays (Liang et al., 2021).

Plusieurs modèles sur le C du sol de diverses complexités (c.-à-d. le modèle du carbone de Rothamsted [RothC], le modèle Introductory Carbon Balance Model [ICBM] et le modèle de Campbell) pouvant appliquer le rendement des cultures mesuré comme apports de C dans les simulations ont été testés dans l'analyse de l'évaluation nationale du C. Ces modèles ont également servi à des simulations de stockage du C dans le sol entraînant des degrés de réussite variables par rapport aux observations sur le terrain (Thiagarajan et al., 2022). Les estimations de ces modèles sur la fluctuation du C du sol à l'échelle nationale varient considérablement. À des fins de comparaison entre les pays développés, la méthode améliorée de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2019) est utilisée pour estimer les fluctuations du stockage du C dans le sol sous l'effet de l'apport de C provenant de la productivité des cultures et des résidus de cultures. Selon cette méthode, les résultats sont à peu près équivalents à la moyenne des autres modèles.

Dans le cadre des travaux d'AQ et d'amélioration continue, les méthodes d'estimation du stockage de C dans le sol ont été révisées par un comité de chercheurs et de scientifiques d'ECCC et d'AAC à l'été 2021, vu l'effet de la fluctuation annuelle de l'apport de C par la productivité des cultures et les résidus de cultures et de l'épandage de fumier sur les sols des terres cultivées. Le comité a constaté que les méthodes proposées constituaient une amélioration par rapport aux méthodes de déclaration précédentes, en comblant certaines lacunes méthodologiques évidentes, et que les modifications apportaient des solutions à certains des problèmes soulevés dans la révision internationale de 2009. Une révision des procédures servant à estimer la contribution des résidus de culture aux intrants de C dans le sol a révélé qu'une procédure de contrôle qualité a causé par inadvertance le remplacement de certains intrants de C par des valeurs moyennes. Par mesure de correction, cette procédure a été retirée de la présente édition de l'inventaire pour que soient rectifiées les erreurs dans les intrants de C des résidus de culture.

6.5.1.5. Recalculs

Des recalculs ont eu lieu en raison de corrections au calcul du carbone retournant au sol annuellement sous forme de résidu de culture, et ce, pour toute la série chronologique. Il en est ressorti qu'une procédure servant à détecter les points aberrants dans la distribution spatiale du carbone et à les corriger a introduit une erreur dans la quantité de carbone retournant aux sols. Cette procédure a donc été retirée du processus de traitement des données. De plus, la distribution spatiale du rendement a fait l'objet de modifications mineures dans la base de données des intrants au modèle du COS dans les Terres cultivées. Par conséquent, les émissions ont été révisées à la hausse de 0,65 Mt en 1990, de 0,49 Mt en 2005 et à la baisse de 0,12 Mt en 2023.

6.5.1.6. Améliorations prévues

Une méthode intégrée de modélisation sera élaborée pour simuler les fluctuations du stockage du C dans le sol sous l'effet de la productivité des cultures, des pratiques de travail du sol et des gammes de cultures pérennes et annuelles. Les paramètres du modèle seront adaptés aux conditions canadiennes au moyen d'une optimisation bayésienne. Actuellement, plusieurs modèles sont soumis à une évaluation, y compris à l'approche d'état d'équilibre de Niveau 2 du GIEC. De plus, une analyse et un calcul complets et formels de l'incertitude, comprenant celle associée aux pratiques de travail du sol, aux gammes de cultures pérennes et annuelles, à l'apport de C par la productivité des cultures et les résidus de cultures, ainsi qu'à l'épandage de fumier, sont également prévus à moyen terme, soit dans trois à cinq ans.

Pour des précisions, consulter le Tableau 8–5 au Chapitre 8.

6.5.1.7. Émissions de CO_2 résultant du travail des sols organiques

6.5.1.7.1. Description de la catégorie

Au Canada, la culture des sols organiques est définie comme la conversion des sols organiques à la production de cultures annuelles, qui s'accompagne normalement d'un drainage artificiel, d'un travail du sol et de l'épandage de chaux. Les sols organiques utilisés pour la production agricole au Canada comprennent les gleysols en phase tourbeuse, les fibrisols de plus de 60 cm d'épaisseur, les mésisols et les humisols de plus de 40 cm d'épaisseur (Groupe de travail sur la classification des sols, 1998).

6.5.1.7.2. Questions de méthodologie

Pour calculer les émissions qui découlent du travail des sols organiques, la superficie totale des histosols travaillés a été multipliée par le coefficient d'émission par défaut de 7,9 Mg C ha^{-1} an^{-1} pour les terres cultivées et 5,7 Mg C ha^{-1} an^{-1} pour les prairies (GIEC, 2014).

Le *Recensement de l'agriculture* ne fournit pas les superficies d'histosols cultivés, donc les estimations des superficies reposent sur l'avis de spécialistes des sols et des cultures de tout le Canada (Liang et al., 2004). La superficie totale estimée de sols organiques travaillés au Canada (constante pour la période de 1990 à 2024) était de 16 kha pour les cultures annuelles et de 33 kha pour les cultures pérennes. Près de 90 % des histosols cultivés sont situés dans les zones de déclaration du Bouclier boréal est, des Plaines à forêts mixtes et des Plaines boréales.

6.5.1.7.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux émissions de cette source est due aux incertitudes relatives aux estimations de la superficie des histosols cultivés et du coefficient d'émission. L'incertitude associée aux limites de l'intervalle de confiance de 95 % pour l'estimation de la superficie des histosols travaillés a été évaluée à ±50 % (Hutchinson et al., 2007). L'incertitude associée aux limites de l'intervalle de confiance de 95 % pour le coefficient d'émission par défaut est estimée à ±90 % (GIEC, 2014). Pour cette source d'émissions, la moyenne du niveau et son incertitude sont estimées à 1,1 ± 0.3 Mt et la moyenne de la tendance et son incertitude, à 0 ± 0,13 Mt (McConkey et al., 2007).

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission sont utilisés pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions.

6.5.1.7.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 (voir la section 1.3, Chapitre 1) d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies ont été consignées et archivées en formats papier et électronique.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont servi pour toute la série chronologique des estimations d'émissions.

6.5.1.7.5. Recalculs

La superficie sous les sols organiques a subi des révisions mineures. Ces recalculs ont fait augmenter les absorptions de 11 kt en 1990, en 2005 et en 2023.

6.5.1.7.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

6.5.1.8. Émissions et absorptions de CO_2 par la biomasse ligneuse

6.5.1.8.1. Description de la catégorie

Les estimations des émissions et des absorptions par la biomasse ligneuse dans cette catégorie comprennent celles produites par les arbres et les arbustes qui poussent sur des terres agricoles, ainsi que par les cultures ligneuses pérennes comme celles qui poussent dans les vignobles, les vergers et les pépinières d'arbres de Noël. Une partie de la biomasse des arbres perdue dans les terres cultivées a été transférée au réservoir de PLR pour satisfaire à la demande de bioénergie résidentielle. En conséquence, ce transfert de C est désormais déclaré comme des émissions dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé et transféré vers la catégorie des Produits ligneux récoltés. Pour des précisions sur le transfert, consulter la section 6.4 et la section A3.5.4.1. En conséquence, les émissions nettes sont demeurées les mêmes.

Dans le cadre de définition adopté au Canada pour déclarer les émissions du secteur ATCATF, les terres cultivées abandonnées seront toujours comprises dans la catégorie des Terres cultivées, tant qu'il n'y aura pas de preuve d'une nouvelle affectation des terres. Toutefois, il y a peu d'informations sur la dynamique de l'abandon ou de la remise en culture des terres cultivées. Compte tenu de ces limitations, seuls les vignobles, les vergers, les pépinières de sapins de Noël et les arbres et arbustes sont pris en compte dans la biomasse ligneuse et aucune terre cultivée abandonnée ou remise en culture n'appartient à cette catégorie.

Les absorptions nettes des flux nets de CO_2 provenant de la biomasse ligneuse sur les terres agricoles déclarées dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, y compris les transferts au réservoir des PLR, se sont élevées à 0,16 Mt en 1990, tandis que les émissions nettes de ces flux nets se sont chiffrées à 0,53 Mt en 2005 et à 0,42 Mt en 2024. Les émissions associées à la biomasse ligneuse transférée au réservoir des PLR et utilisée pour la bioénergie résidentielle représentaient 0,84 Mt, 0,49 Mt et 0,52 Mt des émissions totales du bois de chauffage résidentiel déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés respectivement en 1990, en 2005 et en 2024.

6.5.1.8.2. Questions de méthodologie

Les vignobles, les vergers et les pépinières de sapins de Noël font l'objet d'un aménagement intensif pour obtenir un rendement soutenu. Les vignobles et les vergers sont taillés chaque année, et les vieux arbres et les vieux ceps de vigne sont remplacés selon un régime de rotation pour prévenir les maladies, améliorer les stocks ou introduire de nouvelles variétés. Pour ces trois cultures, il est présumé qu'en raison des méthodes de rotation et des impératifs de rendement soutenu, il y a généralement une répartition uniforme des classes d'âge dans les exploitations. Il n'y a donc pas d'augmentation ou de diminution nette du C de la biomasse dans les exploitations existantes, puisque le C perdu lors de la récolte ou du remplacement est récupéré grâce à la croissance des nouvelles plantes. Cette approche est donc limitée à la détection des changements dans les superficies occupées par des vignobles, des vergers ou des sapins de Noël et à l'estimation des fluctuations correspondantes des stocks de C dans la biomasse totale. Des renseignements supplémentaires sur les hypothèses et les paramètres sont disponibles à la section A3.5.4.1.

La biomasse ligneuse de la catégorie des Terres cultivées comprend également les arbres et arbustes pérennes des fermes, des brise-vent et des haies. La méthode suit les pertes de volume de biomasse ligneuse résultant des coupes et les gains découlant de la plantation et de la croissance annuelle par le recours à la surveillance fondée sur l'observation de la Terre et aux paramètres de croissance propres aux écozones. Des renseignements supplémentaires sur les hypothèses et les paramètres se trouvent à la section A3.5.4.1.

6.5.1.8.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Lors d'une perte de superficie occupée par des cultures ligneuses pérennes, il est supposé que tout le C de la biomasse ligneuse est libéré immédiatement. Il est de plus présumé que l'incertitude associée aux pertes de C correspond à l'incertitude associée à la masse de C de la biomasse ligneuse. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), une incertitude par défaut de ±75 % (intervalle de confiance de 95 %) est utilisée pour la biomasse ligneuse de la catégorie des Terres cultivées pour ce qui est des vignobles, des vergers et des pépinières de sapins de Noël.

Si une perte de superficie de vergers, de vignobles ou de pépinières de sapins de Noël se produit et que cette superficie a, semble-t-il, été convertie en terres de cultures annuelles, une conversion des terres de cultures pérennes en terres de cultures annuelles est censée se produire, assortie d'une incertitude qui contribue à l'incertitude globale relative aux variations du stock de C. Dans le cas d'un gain de vergers, de vignobles ou de pépinières de sapins de Noël, l'incertitude liée aux variations annuelles du C est censée être égale à la valeur par défaut de ±75 % (limites de l'intervalle de confiance de 95 %; GIEC, 2006).

La moyenne globale et les incertitudes associées aux émissions ou aux absorptions de CO_2 des vignobles, des vergers et des pépinières de sapins de Noël ont été estimées à 2 ± 0,2 kt pour le niveau d'incertitude et à -29 ± 42 kt pour la tendance (McConkey et al., 2007). La moyenne globale (et l'incertitude) associée aux absorptions de CO_2 des arbres et des arbustes est décrite dans Huffman et al. (2015a), et est estimée à -440 ± 180 kt pour ce qui est de l'estimation annuelle. Comme les absorptions découlant de la croissance des arbres et des arbustes représentent la plus grande contribution aux estimations globales des absorptions et des émissions, ces deux types de couvertures terrestres alimentent l'incertitude qui caractérise la sous-catégorie de la biomasse ligneuse, et l'incertitude est estimé à 41 % en moyenne. Huffman et al. (2015a) présentent davantage d'information sur la méthode et les facteurs pris en compte pour déterminer l'incertitude liée aux variations des stocks de C dans les arbres et les arbustes.

La même méthodologie est utilisée pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions.

6.5.1.8.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 (voir la section 1.3, Chapitre 1), conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies ont été consignées et archivées en formats papier et électronique.

6.5.1.8.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

6.5.1.8.6. Améliorations prévues

De nouvelles méthodes sont à l'étude pour améliorer la classification et la quantification automatisée des changements dans les superficies occupées par des arbres et des arbustes des régions agricoles du Canada. Pour des précisions, consulter le Tableau 8–5 au Chapitre 8.

6.5.2. Terres converties en terres cultivées (catégorie 4.B.2 des TCD)

La catégorie des Terres converties en terres cultivées englobe la conversion de terres forestières et de prairies agricoles en terres cultivées. Plus de 99 % du total des émissions annuelles estimées et déclarées dans cette catégorie sont compris dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées. Les émissions annuelles totales ont diminué, passant de 12 Mt en 1990 à 6,5 Mt en 2024. Les émissions associées à la sous-catégorie des Prairies converties en terres cultivées sont relativement minimes.

6.5.2.1. Terres forestières converties en terres cultivées (catégorie 4.B.2.a des TCD)

6.5.2.1.1. Description de la catégorie

Le déboisement au profit de l'agriculture est une pratique qui persiste, voire croît au Canada, représentant 55 % de la superficie de forêts converties en 2024. En 1990, les émissions provenant de la conversion des Terres forestières s'élevaient à 12 Mt (66 % de la superficie) pour atteindre un minimum de 3,4 Mt (31 % de la superficie) en 2010 et remonter à 6,5 Mt (55 % de la superficie) depuis. La superficie cumulative déclarée dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées, selon le Tableau 4.B des TCD, s'élevait à 1 300 kha durant les 20 années précédant 1990, à 600 kha durant les 20 années avant 2005 et à 440 kha au cours des 20 années précédant 2024. Les méthodes servant à déterminer la superficie convertie par année sont les mêmes que celles employées pour tous les types de conversion de terres forestières. Ces méthodes sont décrites à la section 6.9. En 2024, les émissions immédiates issues de la conversion de terres forestières converties en terres cultivées totalisaient 4,2 Mt, tandis que les émissions résiduelles découlant d'événements s'étant produits dans les 20 dernières années s'élevaient à 2,5 Mt.

6.5.2.1.2. Questions de méthodologie

Réservoirs de matière organique morte et de biomasse

Environ 90 % des émissions proviennent des réservoirs de biomasse et de MOM pendant et après la conversion, et le reste est attribuable au réservoir du sol. L'estimation de ces émissions est fondée sur le même cadre de modélisation que celui utilisé pour estimer les émissions de la sous-catégorie des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé. La section 6.3.1.2 présente une description générale du cadre de modélisation. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie d'estimation sont présentés à la section A3.5.4.3.

Sols

Les émissions des sols de cette catégorie comprennent les variations nettes de C dues à la conversion effective, une source nette très peu importante de CO_2 découlant des changements dans les pratiques de gestion au cours des 20 années suivant la conversion, ainsi que les émissions de N_2O attribuables à la décomposition de la matière organique du sol. Les émissions et absorptions déclarées dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées comprennent également celles qui découlent de modifications dans les pratiques d'aménagement des terres, la production des cultures et l'épandage de fumier sur ces terres. Pour calculer les émissions des sols, la superficie totale convertie est multipliée par le coefficient d'émission d'origine empirique, qui comprend la dynamique du COS modélisée (voir la section A3.5.4.3). Les modalités de fluctuation du COS après la conversion des terres forestières en terres cultivées diffèrent manifestement entre l'Est et l'Ouest du Canada.

Est du Canada

Toutes les terres agricoles de l'Est du Canada étaient boisées avant d'être affectées à l'agriculture. De nombreuses comparaisons (tirées d'ouvrages scientifiques et du Système d'information sur les sols du Canada) entre le COS des sols forestiers et le COS des sols agricoles adjacents de l'Est du Canada montrent une perte moyenne de C de 20 % à une profondeur d'environ 20 à 40 cm (voir la section A3.5.4.3). La transformation moyenne du N est de -5,2 %, soit une perte d'environ 0,4 Mg N ha^{-1}. Pour les comparaisons qui ont permis de déterminer les déperditions de N et de C, la déperdition de C correspondante était de 19,9 Mg C ha^{-1}. La déperdition de N équivalait à un pourcentage constant de 2 % de la déperdition de C.

Le modèle CENTURY (version 4.0) a été utilisé pour estimer la dynamique du COS qui intervient dans la conversion de terres forestières en terres cultivées dans l'Est du Canada. La section A3.5.4.3 présente d'autres précisions sur les méthodes qui ont permis de déterminer la déperdition maximale de C et sa constante de vitesse dans le cas de la conversion des terres forestières. Une méthode de Niveau 2 a servi à estimer les absorptions à partir des stocks de C dans la biomasse des terres cultivées à l'aide de données antérieures sur les rendements des cultures, des indices de récolte et des rapports racines/parties aériennes dans les terres cultivées. La section A3.5.4.2 apporte des précisions sur les méthodes. Comme dans le cas des émissions directes de N_2O des sols agricoles (voir le secteur Agriculture, Chapitre 5), une méthode de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006), selon laquelle la perte de C est multipliée par la fraction de N perdue par unité de C et par un coefficient d'émission (CE_Base), est utilisée pour estimer les émissions de N_2O imputables à la conversion des forêts en terres cultivées. Le CE_Base de chaque écodistrict est déterminé en se basant sur ses conditions topographiques et climatiques (voir l'Annexe 3.4).

Ouest du Canada

Une bonne partie des terres agricoles actuelles de l'Ouest du Canada (les Prairies et la région de Peace River, en Colombie-Britannique) était à l'origine naturellement recouverte de prairies. C'est pourquoi, dans l'Ouest, les terres forestières qui ont été converties en terres cultivées sont principalement des forêts situées à la périphérie d'anciennes prairies.

Le Système d'information sur les sols du Canada présente les meilleures sources de données existant sur le COS dans les zones agricoles et les zones aménagées pour l'exploitation forestière. En moyenne, ces données incitent à penser qu'il n'y a pas de déperdition de COS résultant de la conversion des forêts et qu'à long terme, l'équilibre entre les apports de C et la minéralisation du COS dans les sols agricoles restent semblables à ce qu'ils étaient dans les sols forestiers. Il importe de reconnaître que, le long de la frange nord du territoire agricole dans l'Ouest du Canada, là où se produit la majeure partie de la conversion des forêts, les terres sont peu productives pour la culture de labour et que les pâturages et les cultures fourragères y sont les pratiques de gestion dominantes. Par conséquent, dans cette région, une perte nulle de COS à long terme est présumée par suite de la conversion de terres forestières en terres cultivées pour l'exploitation exclusivement en pâturages cultivés et en champs de foin.

La déperdition de C résultant de la conversion des forêts dans l'Ouest du Canada est donc attribuable à la perte de biomasse aérienne et souterraine des arbres et à la perte ou à la décomposition d'autre MOM, aérienne et souterraine, constituée de déchets de bois grossiers présents dans la forêt au moment de sa conversion. Les gains en C ont lieu dans les terres cultivées après la conversion des terres forestières en terres cultivées à partir de la biomasse et sont calculés à l'aide d'une méthodologie de Niveau 2 (voir la section A3.5.4). La variation moyenne de N dans les terres déboisées pour la culture depuis au moins 50 ans était de +52 % dans l'Ouest du Canada (voir l'Annexe 3.5), ce qui révèle un ajout appréciable de N dans les systèmes agricoles par rapport aux forêts aménagées. Toutefois, compte tenu de l'incertitude associée à la dynamique réelle C-N de la conversion des forêts, il est possible de présumer que la conversion des terres forestières en terres cultivées dans l'Ouest du Canada n'est pas une source de N_2O.

6.5.2.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les flux de gaz à effet de serre dans les Terres forestières converties en terres cultivées proviennent de la combinaison : i) de l'abattage et du brûlage, qui produisent des émissions immédiates issues de la biomasse et de la MOM, ii) de la décomposition de la matière organique et des émissions subséquentes de CO_2 du réservoir de MOM, et iii) de la déperdition nette de COS. Les émissions immédiates de CO_2 désignent toujours une superficie convertie au cours de l'année d'inventaire; les émissions résiduelles, bien que provenant également des terres converties pendant l'année d'inventaire, sont pour la plupart issues de la conversion des terres au cours des 20 dernières années. Les émissions de gaz autres que le CO_2 sont produites exclusivement par le brûlage et surviennent durant le processus de conversion.

Les émissions immédiates et résiduelles de CO_2 des réservoirs de biomasse et de MOM sont les plus importantes de cette catégorie et contribuent le plus à l'incertitude liée à cette catégorie (Tableau 6–10). Dans tous les cas, les valeurs d'incertitude sont présentées comme l'intervalle de confiance de 95 % de part et d'autre des valeurs d'estimation médiane (réservoirs de biomasse et de MOM) ou moyenne (réservoir de sol).

Les estimations d'incertitude ont été calculées indépendamment à l'aide de cette méthode dans le cas des réservoirs de biomasse et de MOM et de la matière organique du sol. L'incertitude associée aux données sur les activités est prise en compte dans toutes les analyses (voir la section 6.9.3 pour des précisions).

Le devenir de la biomasse et de la MOM, après la conversion des forêts, et les émissions qui en découlent sont modélisés dans le même cadre que celui utilisé pour la catégorie des Terres forestières. Par conséquent, les estimations de l'incertitude correspondantes ont été établies avec le même cadre au moyen de la même méthode de Monte-Carlo ayant servi à produire les estimations de l'incertitude pour la catégorie des Terres forestières. Une description de la méthode générale est présentée à la section 6.3.1.3. Des renseignements supplémentaires sont présentés à la section A3.5.4.3.

L'incertitude associée aux flux nets de CO_2 du réservoir du sol a été estimée selon la méthode analytique (McConkey et al., 2007). Des renseignements supplémentaires sur la méthode d'analyse générale sont présentés à la section A3.5.4.3.

6.5.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de Niveau 1 (voir la section 1.3, Chapitre 1) conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Des contrôles de la qualité ont également été effectués à l'interne par AAC, qui en a tiré des estimations des variations du COS. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

6.5.2.1.5. Recalculs

Les recalculs liés aux Terres forestières converties en terres cultivées résultent de deux modifications méthodologiques ayant eu lieu cette année : (i) un ensemble de paramètres plus justes a été employé en ce qui a trait à la matière organique morte (MOM) et au carbone du sol dans le modèle MBC-SFC3 (voir la section 6.3 pour des précisions); (ii) une nouvelle période cartographiée a été introduite de 2018 à 2023; elle montre une conversion accrue des forêts à des fins agricoles au cours des dernières années. Les paramètres ajustés ont entraîné des révisions à la baisse de 0,72 Mt en 1990 et de 0,33 Mt en 2005, alors que la cartographie mise à jour a entraîné une révision à la hausse de 1,2 Mt en 2023.

Tableau 6–10 **Incertitude associée aux composantes des émissions de CO_2 et aux émissions de gaz autres que le CO_2 provenant des Terres forestières converties en terres cultivées, pour l'année d'inventaire 2024**

Composantes d'émissions	Émissions (kt d'éq. CO_2)	Incertitude (kt d'éq. CO_2)
Émissions immédiates de CO_2	3 965	±1 156
Émissions résiduelles de CO_2 provenant du réservoir de MOM[a]	2 274	±579
Émissions résiduelles de CO_2 provenant du réservoir de sol	228	±142
Émissions de CH_4	182	±84
Émissions de N_2O	77	±25

Note :
a. MOM = matière organique morte

6.5.2.1.6. Améliorations prévues

Les améliorations prévues décrites à la section 6.9 auront aussi une incidence sur cette catégorie. Les coefficients modélisés de fluctuation du C dans le sol seront comparés avec ceux qui sont publiés et extraits d'une méta-analyse sur la conversion des terres forestières en terres cultivées. Des précisions supplémentaires sont présentées dans le Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.5.2.2. Prairies converties en terres cultivées (catégorie 4.B.2.b des TCD)

6.5.2.2.1. Description de la catégorie

La conversion de prairies indigènes en terres cultivées est un phénomène qui se produit dans les Prairies canadiennes et qui aboutit généralement à la déperdition de COS et d'azote organique du sol, et à des rejets de CO_2 et de N_2O dans l'atmosphère.

6.5.2.2.2. Questions de méthodologie

Plusieurs études ont été réalisées sur les changements du COS et de l'azote organique du sol en cas de Prairies converties en terres cultivées dans les zones de sol brun, brun foncé et noir des Prairies canadiennes. La déperdition moyenne de COS était de 22 %, et le changement moyen correspondant de l'azote organique du sol était de 0,06 kg N perdu par kg C (voir la section A3.5.4.2).

Les émissions provenant des stocks de C dans la biomasse des prairies sont estimées à l'aide d'une méthodologie de Niveau 1 selon les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Une méthodologie de Niveau 2 sert à estimer les absorptions provenant des stocks de C dans la biomasse des terres cultivées à l'aide de données antérieures de rendements de cultures, d'indices de récolte et de rapports racines/parties aériennes. La section A3.5.4.2 contient plus de renseignements sur les méthodes. Les émissions et absorptions déclarées dans la sous-catégorie des Prairies converties en terres cultivées comprennent les émissions résiduelles découlant de la perte de COS due à une modification de l'utilisation des terres, et sont influencées par des changements dans les pratiques d'aménagement des terres. Le modèle CENTURY (version 4.0) sert à estimer la dynamique du COS découlant de la conversion des prairies en terres cultivées pour les tchernozems bruns et brun foncé. La section A3.5.4.2 présente d'autres précisions sur les méthodes utilisées pour déterminer la déperdition maximale de C et sa constante de vitesse dans le cas de la conversion des prairies.

Comme dans le cas des émissions de N_2O de la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées, les émissions de N_2O de la sous-catégorie des Prairies converties en terres cultivées ont été estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 (GIEC, 2006), soit en multipliant la quantité de C perdue par la fraction d'azote perdue par unité de C et par un coefficient d'émission de base (CE_Base). La valeur du CE_Base de chaque écodistrict est déterminée en se basant sur ses caractéristiques topographiques et climatiques (voir la section A3.4.3).

6.5.2.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

La conversion des prairies agricoles en terres cultivées est possible et se produit effectivement, mais l'inverse, à savoir la conversion de terres cultivées en prairies, ne se produit pas selon le cadre définitionnel des terres aménagées (voir la section 6.2). En conséquence, la valeur absolue de l'incertitude associée à la superficie soumise à cette conversion ne peut être supérieure à celle qui est associée à la superficie des terres cultivées ou des prairies. Ainsi, l'incertitude de la superficie convertie a été jugée équivalente à la plus basse des incertitudes entre celle associée à la superficie des terres cultivées et celle associée à la superficie des prairies dans chaque écodistrict. L'incertitude du changement lié au COS est estimée de la même façon que dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées. La moyenne globale et l'incertitude associées aux émissions dues aux pertes de COS lors de la conversion de prairies en terres cultivées sont de 27 ± 13 kt pour le l'incertitude liée au niveau, et de -260 ± 120 kt pour l'incertitude liée à la tendance.

La même méthode et les mêmes coefficients d'émission sont utilisés pour l'ensemble de la série chronologique d'estimation des émissions.

6.5.2.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a subi des CQ de Niveau 1 (voir la section 1.3, Chapitre 1) conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies ont été consignées et archivées sur supports papier et électronique.

6.5.2.2.5. Recalculs

Des recalculs ont eu lieu pour tenir compte des corrections apportées au C des résidus de culture retournant annuellement dans le sol, et ce, pour toute la série chronologique. Ces modifications ont entraîné un recalcul à la hausse de 3 kt en 1990 (8 %), de 2 kt en 2005 (10 %) et de 1 kt en 2023 (2,4 %).

6.5.2.2.6. Améliorations prévues

Le Canada prévoit valider les coefficients modélisés de changement du C à l'aide des coefficients de changement du C mesurés et publiés pour la conversion des prairies à partir d'une analyse de la documentation. Des précisions supplémentaires sont présentées dans le Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.6. Prairies (catégorie 4.C des TCD)

Les prairies utilisées pour l'agriculture sont définies, dans le cadre canadien sur le secteur ATCATF, comme des pâturages ou de grands parcours où les seules pratiques de gestion des terres agricoles sont l'alimentation du bétail. Elles se trouvent uniquement dans les régions géographiques où les prairies ne retourneraient pas naturellement à l'état de forêt si elles étaient abandonnées, soit la région des prairies naturelles à herbe courte dans le sud de la Saskatchewan et de l'Alberta, et les vallées montagneuses sèches de l'intérieur de la Colombie-Britannique. Des prairies agricoles se trouvent dans trois zones de déclaration : les Prairies semi-arides (7,0 Mha), la Cordillère montagnarde (0,2 Mha) et la zone Maritime du Pacifique (0,3 kha). Comme dans la catégorie des Terres cultivées, le changement d'aménagement entraîne une modification des stocks de C dans le sol (GIEC, 2006). Il y a très peu d'information sur les méthodes de gestion des prairies agricoles canadiennes et il est difficile de savoir si la qualité du sol des pâturages s'améliore ou se dégrade. C'est pourquoi le Canada déclare ses émissions dans la sous-catégorie des Prairies dont la vocation n'a pas changé à l'aide d'une méthode de Niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006), en présumant qu'aucun changement n'est survenu dans les pratiques de gestion depuis 1990. Dans le cadre définitionnel actuel, comme présenté à la section 6.2, la conversion de terres en prairies est déclarée comme « inexistante » dans la sous-catégorie des Terres converties en prairies (Tableau 6–4).

6.6.1. Prairies dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.C.1 des TCD)

6.6.1.1. Description de la catégorie

Au Canada, les prairies aménagées sont parfois brûlées, que ce soit dans le cadre de brûlages dirigés visant à lutter contre les plantes envahissantes et à stimuler la croissance des espèces indigènes, dans le cadre d'exercices d'entraînement militaire, ou en raison de la foudre ou d'un allumage accidentel. Le brûlage des prairies aménagées constitue une source d'émissions nettes de CH_4, de CO, de NO_x et de N_2O (GIEC, 2006).

Les émissions associées au brûlage des prairies aménagées sont déclarées dans le Tableau 4(V) des TCD; elles sont restées relativement faibles et stables à environ 1 kt par an au cours de la période déclarée.

6.6.1.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CH_4 et de N_2O issues du brûlage des prairies agricoles aménagées ont été estimées d'après une méthode de Niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006) qui tient compte de la superficie brûlée, de la charge de combustible et de l'efficacité de la combustion pour chaque événement. Les coefficients d'émission du CH_4 (2,7 g CH_4 kg^{-1} de matière sèche brûlée et 0,07 g N_2O kg^{-1} de matière sèche brûlée) sont issus des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Les données sur les activités de 1990 à 2012 sur la superficie brûlée, la charge de combustible et l'efficacité de la combustion pour chaque événement de brûlage des prairies agricoles aménagées ont été recueillies par l'entremise de consultations (Bailey et Liang, 2013). Les données sur les activités de brûlage des prairies agricoles aménagées entre 2013 et 2015 ont été mises à jour dans le rapport de 2018.

6.6.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré d'incertitude associé aux émissions de cette source découle des incertitudes liées aux estimations de la superficie, de la charge moyenne de combustible par hectare et de l'efficacité de la combustion, ainsi que des coefficients d'émission. L'incertitude associée aux intervalles de confiance à 95 % sur la matière brûlée est estimée, d'après le jugement d'experts, à ±50 %. Les incertitudes associées aux intervalles de confiance à 95 % sur les coefficients d'émission par défaut sont de ±40 % pour le CH_4 et de ±48 % pour le N_2O (GIEC, 2006). Les incertitudes globales associées à cette source d'émissions ont été estimées, au moyen d'une méthode de propagation d'erreur, à ±64 % pour le CH_4 et à ±69 % pour le N_2O.

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique d'estimation des émissions.

6.6.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a subi des CQ de Niveau 1 (voir la section 1.3, Chapitre 1) conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les données sur les activités et les méthodes sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.6.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

6.6.1.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour cette catégorie à l'heure actuelle.

6.7. Terres humides (catégorie 4.D des TCD)

Les terres humides couvrent environ 14 % terres émergées au Canada (ECCC, 2016), où elles sont définies comme des terres saturées en eau pendant suffisamment longtemps pour favoriser des processus anaérobies; ses indicateurs sont notamment des sols mal drainés, des hydrophytes et divers types d'activités biologiques adaptées aux milieux humides. En d'autres termes, une terre humide est une superficie de terre capable de retenir l'eau suffisamment longtemps pour qu'y poussent des plantes et qu'y émergent des sols de milieux humides. Dans le but d'offrir un cadre de normalisation pour ces superficies, le Système de classification des terres humides du Canada subdivise les terres humides en cinq grandes catégories : les tourbières oligotrophes, tourbières minérotrophes, les marécages, les marais et les eaux peu profondes (Groupe de travail national sur les terres humides, 1997).

Toutefois, pour les besoins du présent rapport, la catégorie Terres humides se limite aux terres humides qui n'appartiennent pas déjà aux catégories des Terres forestières, des Terres cultivées ou des Prairies. Cette définition correspond aux catégories de terres définies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). À l'heure actuelle, la superficie totale correspondant à ces terres humides au Canada n'est pas estimée étant donné leur nature restreinte, fragmentée et souvent lointaine, qui complique la cartographie.

Les terres humides aménagées sont définies comme celles où l'intervention humaine a directement modifié le niveau de la nappe phréatique et, par conséquent, la dynamique des émissions et absorptions de GES. Dans le présent inventaire, elles englobent : i) les tourbières drainées pour l'extraction de tourbe, ii) les terres inondées (c.-à-d. les réservoirs) et iii) l'extraction de ressources (c.-à-d. les activités minières dans la région des sables bitumineux de l'Alberta). Bien que les Lignes directrices 2006 du GIEC, le Supplément 2013 sur les terres humides et la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006; 2014; 2019) donnent des méthodes explicites pour calculer les émissions et absorptions de GES issues de l'extraction de la tourbe et des terres inondées, elles ne traitent pas explicitement des méthodes d'estimation relatives à la gestion des terres humides associée à l'extraction de ressources, qui représentent un contexte uniquement canadien. Ainsi, une méthode nationale a été mise au point selon le cadre générique des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour estimer les émissions et absorptions de GES issues des terres humides touchées par l'extraction de ressources. Aux fins de déclaration à la CCNUCC, la catégorie des Terres humides se divise en Terres humides dont la vocation n'a pas changé et en Terres converties en terres humides.

En 2024, le bilan net de GES dans la catégorie des Terres humides s'élevait à 5,4 Mt d'émissions nettes (Figure 6–7). Les émissions sont principalement associées aux terres inondées, qui représentent 71 % des totaux annuels, les activités d'extraction de tourbe et de ressources y contribuant une part moindre. Dans l'ensemble, les émissions annuelles totales des Terres humides ont diminué de 10,1 Mt en 1990 à 5,4 Mt en 2024, principalement grâce au plus petit nombre de réservoirs construits et à la stabilisation des émissions de ces derniers. Les recalculs dans cette catégorie se chiffrent à 5,0 Mt en 1990, 4,3 Mt en 2005 et 2,9 Mt en 2023. Les recalculs relatifs à des types précis de terres humides aménagées (extraction de la tourbe, terres inondées et extraction de ressources) sont présentés dans les sous-sections suivantes.

6.7.1. Terres humides dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.D.1 des TCD)

Cette catégorie englobe les terres humides aménagées, dont les sites d'extraction de la tourbe, les terres inondées ayant plus de 20 ans (c.-à-d. les réservoirs) et les terres humides non forestières perturbées durant l'extraction de ressources. Les émissions et absorptions de cette catégorie comprennent les voies de CO_2, de CH_4 et de N_2O gouvernées par l'hydrologie, le type de substrat (organique ou minéral), la végétation et les pratiques d'aménagement. La déclaration du Canada suit le Supplément 2013 sur les terres humides et la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2014; 2019); des précisions se trouvent à la section A3.5.6. Le bilan net de GES pour les Terres humides dont la vocation n'a pas changé en 2024 était de 4,8 Mt (Figure 6–7).

6.7.1.1. Tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.D.1.a des TCD)

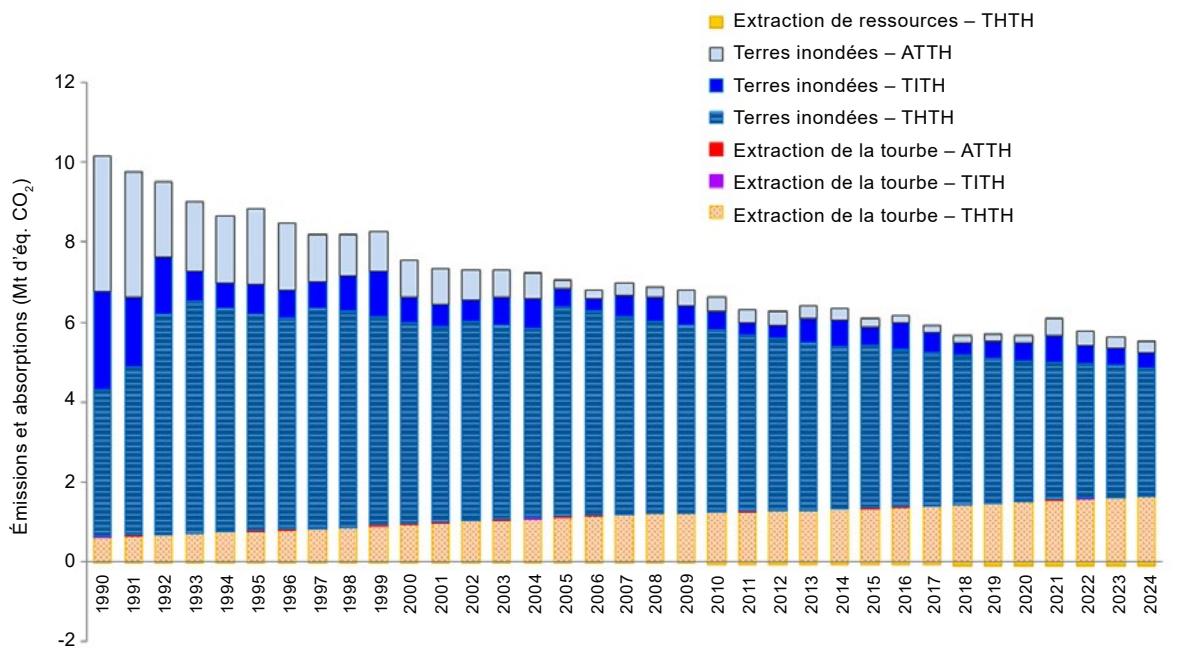
6.7.1.1.1. Description de la catégorie

Le Canada possède environ 114 millions d'hectares de tourbières, mais jusqu'ici seulement 38 000 hectares ont été drainés pour en extraire la tourbe. Sur ce total, environ 21 000 hectares sont activement aménagés, 6 000 hectares sont abandonnés et non restaurés, et 11 000 hectares ont été restaurés ou se sont regénérés naturellement. Actuellement, l'extraction de la tourbe se concentre au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Alberta et au Manitoba et dessert surtout le secteur de l'horticulture. Les émissions dues à l'extraction de la tourbe ont augmenté avec le temps en raison des superficies de drainage accrues et de la décomposition de la tourbe déjà récoltée. Le carbone issu de la tourbe déplacé hors site annuellement a augmenté de 200 tonnes en 1990 à 440 tonnes en 2024, tandis que les émissions connexes ont augmenté de 0,6 Mt en 1990 à 1,6 Mt en 2024. Les travaux de restauration ont abaissé les émissions globales, comparativement à des sites équivalents qui seraient demeurés drainés ou non restaurés, mais ces sites restaurés constituent toujours des sources d'émissions nettes avant de se transformer en puits nets (voir la section A3.5.6.1).

6.7.1.1.2. Questions de méthodologie

Bien que les estimations canadiennes relatives aux GES des terres humides soient calculées à partir de données basées sur les activités (par exemple les données sur l'extraction de tourbe à l'échelle du site), les émissions résultantes sont regroupées et déclarées dans 18 zones de déclaration pour des raisons de cohérence avec le cadre spatial national (voir la section A3.5.1). Les estimations suivent une méthode de Niveau 2, conformément aux Lignes directrices 2006 et au Supplément 2013 sur les terres humides du GIEC (GIEC, 2006; 2014), plus précisément des méthodes propres à l'aménagement des tourbières canadiennes.

Figure 6–7 **Estimations des émissions et absorptions dans les Terres humides dont la vocation n'a pas changé et les Terres converties en terres humides**



Les coefficients d'émission de Niveau 2 sont calculés à partir des résultats de recherches sur les pratiques d'aménagement propres au Canada (voir la section A3.5.6.1). Ils comprennent les émissions sur place de CO_2, de CH_4 et de N_2O imputables aux tourbières drainées et restaurées, ainsi que le CO_2 hors site provenant des pertes aériennes de carbone et de la décomposition de la tourbe extraite. Les zones d'extraction de la tourbe lors des principales années (1990, 2007, 2013 et 2022) ont été déterminées par une méthode cartographique fondée sur l'observation terrestre et classées en sous-catégories liées à l'aménagement : zones activement exploitées, zones non restaurées, zones naturellement regénérées, zones remouillées et zones activement restaurées par la technique de transfert de la couche de mousse (TTCM) (voir la section A3.5.6.1). Les statistiques nationales sur la production de tourbe ont servi à estimer l'extraction annuelle de la tourbe. Les zones converties sont déclarées au Tableau 4.D des TCD l'année suivant la conversion et dans les Tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé par la suite, les émissions étant alors indiquées dans le Tableau 4.D.1.a.

6.7.1.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude liée aux tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe vient de plusieurs facteurs, à commencer par les limitations de la cartographie de l'étendue et de l'état des tourbières, qui ont une incidence sur les superficies estimées et la sous-catégorisation de l'aménagement. Une série chronologique cohérente est maintenue de 1990 à 2024, l'estimation rétrospective étant employée lorsque les méthodes ou les données sur les activités sont mises à jour, pour en assurer la continuité (voir la section A3.5.6.1). L'incertitude supplémentaire découle des paramètres liés au carbone dans le sol des tourbières, surtout lorsque l'état de la nappe phréatique varie. Bien que l'incertitude n'ait pas encore été évaluée officiellement, les principales contributions y sont l'étendue estimée des zones converties selon la cartographie, les coefficients d'émission dans plusieurs catégories de sites déclassés (par exemple remouillés et restaurés) et les fluctuations de la teneur en humidité de la tourbe extraite.

6.7.1.1.4. AQ/CQ et vérification

Des experts de l'industrie et des universités, dont des membres de l'Association de la tourbe de sphaigne canadienne et du Groupe de recherche en écologie des tourbières, ont apporté un soutien essentiel à la mise en place des procédures de contrôle de la qualité dans la catégorie Tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe. En outre, des experts ont validé les estimations fondées sur la cartographie et examiné les coefficients d'émissions propres au pays pour faire en sorte que la méthodologie soit exacte. D'autres contre-vérifications consistaient en des tests de cohérence interne, le rapprochement spatial avec les autres catégories liées aux terres et la consignation des hypothèses dans la section A3.5.6.1 et le Tableau A6.5–11. Les procédures générales d'AQ/CQ décrites à la section 1.4 du Chapitre 1 ont été employées.

6.7.1.1.5. Recalculs

Les données sur les activités de 2023 ont fait l'objet de révisions mineures à partir des statistiques mises à jour sur la production de tourbe. Ces recalculs ont fait augmenter les émissions de 5 kt en 2005 et de 15 kt en 2023.

6.7.1.1.6. Améliorations prévues

Les améliorations prévues dans la catégorie des Tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe comportent le recours à la télédétection pour mieux estimer l'étendue et l'état des tourbières et pour connaître les émissions de CH_4 et de CO_2 par de nouvelles mesures sur le terrain et leur validation. D'autres travaux se concentreront sur la mise à jour des données sur les activités à mesure que les sites sont mis en valeur ou restaurés et que l'exploration de méthodes visant à mieux évaluer le rétablissement des tourbières après l'extraction sont étayées par des données de surveillance. Des précisions se trouvent au Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.7.1.2. Terres inondées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.D.1.b des TCD)

6.7.1.2.1. Description de la catégorie

La catégorie des Terres inondées dont la vocation n'a pas changé fait référence aux réservoirs construits il y a plus de 20 ans (notamment pour l'hydroélectricité, la lutte aux inondations, l'irrigation et l'approvisionnement en eau). Au Canada, ces terres inondées couvraient environ 5,7 millions d'hectares en 2024. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), ces zones tombent dans cette catégorie après le seuil de 20 ans pour refléter leur état stable à long terme, après avoir été déclarées dans la catégorie des Terres converties en terres inondées.

Créées durant l'expansion de la production hydroélectrique canadienne au milieu du XXe siècle, la grande majorité de ces terres inondées contribuent toujours à la production d'électricité, à la gestion de l'eau et à la lutte régionale contre les inondations. En général, leurs émissions se situaient entre 3 et 6 Mt depuis 1990, surtout à cause du dioxyde de carbone (CO_2) et du méthane (CH_4) rejetés de la matière organique en décomposition, mais elles ont amorcé une tendance à la baisse en 2024, diminuant à 3,2 Mt.

Ce déclin indique que la majorité des réservoirs canadiens ont dépassé leur phase initiale intense en émissions. Bien que les émissions de CH_4 persistent en raison des processus anaérobiques continus, ces systèmes sont en train de se stabiliser à mesure que les anciens réservoirs de carbone engendrés par les inondations initiales se tarissent.

6.7.1.2.2. Questions de méthodologie

Bien que les estimations canadiennes relatives aux GES des terres humides soient calculées à partir de données basées sur les activités (par exemple les données sur les réservoirs individuels), les émissions résultantes sont regroupées et déclarées dans 18 zones de déclaration pour des raisons de cohérence avec le cadre spatial national (voir la section 3.5.1). Les estimations suivent une méthode de Niveau 2, conformément aux Lignes directrices 2006, au Supplément 2013 sur les terres humides et à la Révision 2019 des lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006; 2014, 2019), plus précisément des méthodes propres à l'aménagement des réservoirs.

Les émissions de CH_4 et de CO_2 issues de la surface des réservoirs sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 propre au pays, fondée sur des recherches canadiennes et des flux modélisés (voir la section A3.5.6.2 et le Tableau A6.5–9). Cette méthode est employée au lieu de l'hypothèse par défaut du GIEC, à savoir que le carbone dans la biomasse s'oxyde instantanément l'année où les terres sont inondées (GIEC, 2006), car cette hypothèse ne représente pas correctement les processus biogéochimiques réels observées dans les systèmes canadiens. Les émissions sont déclarées dans le Tableau 4.D des TCD pendant 20 ans après l'inondation pour éviter de compter en double les pertes de carbone organique dissous. Elles sont calculées pour les réservoirs inondés entre 1832 et 2024. Dans chaque réservoir, la proportion de superficie forestière avant l'inondation détermine la répartition entre les Terres forestières converties en terres inondées et les Autres terres converties en terres inondées. Les fluctuations dans les zones faisant l'objet d'une déclaration reflètent la transition des réservoirs de « convertis » (< 20 ans) à « dont la vocation n'a pas changé » (> 20 ans), et non les fluctuations des taux d'inondation. Dans le cas des Terres inondées dont la vocation n'a pas changé, les émissions annuelles de CO_2 et de CH_4 des réservoirs de plus de 20 ans sont estimées selon les méthodes décrites à la section A3.5.6.2.

6.7.1.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Dans les grands réservoirs classés comme des Terres inondées dont la vocation n'a pas changé, l'incertitude des estimations vient de plusieurs facteurs. La variabilité des coefficients d'émission de CH_4 causée par les différences d'état trophique et de température y contribue beaucoup, de même que le recours à des réservoirs de substitution faute de données sur les émissions dans le modèle G-res (Prairie et al., 2017) et les fluctuations saisonnières de l'étendue d'eau. D'autres incertitudes viennent de la cartographie limitée de l'étendue et de l'état des terres humides, qui a une incidence sur les données sur les activités, et des méthodes actuelles qui ne parviennent pas à suivre tout le carbone organique dissous (COD) d'une catégorie de terre à l'autre. La cohérence de la série chronologique est maintenue de 1990 à 2024. L'incertitude globale des Terres inondées, estimée à l'aide d'une méthode de propagation d'erreur standard (voir la section A3.5.6.2), varie de ±15 % en 1990 à ±23 % en 2024.

6.7.1.2.4. AQ/CQ et vérification

En ce qui a trait aux Terres inondées, le contrôle qualité nécessite la collaboration avec des universités et des compagnies hydroélectriques pour assurer l'exactitude et la transparence. Des ensembles de données géospatiales et des documents historiques servent à valider les estimations de la superficie des réservoirs et des plans d'eau bâtis. Des experts des organisations mentionnées ci-dessus, les mêmes qui ont donné leur avis technique sur l'exactitude de la cartographie, examinent ces estimations, les coefficients d'émission et les fonctions de décomposition, et ce, pour assurer la robustesse scientifique.

D'autres mesures d'AQ/CQ comprennent des vérifications de la cohérence interne, le rapprochement spatial avec les autres catégories de terres et la consignation des hypothèses dans la section A3.5.6.2 et le Tableau A6.5–9. Les procédures générales d'AQ/CQ décrites dans la section 1.4 du Chapitre 1 sont employées.

6.7.1.2.5. Recalculs

Les recalculs dans cette catégorie sont dus à des mises à jour aux données sur les activités et au modèle relatif aux terres inondées, qui intègre des coefficients d'émission propres au Canada à partir du cadre de modélisation G-res (voir la section A3.5.6.2). De plus, 150 autres réservoirs dédiés notamment à l'hydroélectricité, à la lutte contre les inondations, à l'irrigation et à l'approvisionnement en eau ont été ajoutés à l'inventaire, accroissant ainsi de 4,7 millions d'hectares la superficie des réservoirs déclarés. Tous les réservoirs sont cartographiés par imagerie satellite Sentinel pendant une période de 10 ans pour tenir compte des fluctuations saisonnières et de la couverture d'eau permanente. Le Canada a mis à jour sa méthode relative aux terres inondées en adoptant la période de transition par défaut de 20 ans du GIEC pour remplacer l'ancienne de 10 ans. Ce changement fait en sorte que les superficies passent de la catégorie « converties » à la catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé.

Des coefficients d'émission propre au pays relatifs au CO_2 et au CH_4 ont été mis au point à l'aide du modèle G-res, adapté selon les conditions canadiennes avec des intrants tirés de données publiques et de connaissances d'experts. Cette méthode, qui tient compte de l'âge du réservoir, de la zone climatique, de la morphométrie et des apports de carbone organique, applique des fonctions de décomposition qui reflètent des trajectoires d'émissions opposées : le CO_2 décline rapidement après la mise en eau, alors que le CH_4 décroît plus graduellement en raison de la décomposition anaérobique persistante.

Les émissions sont maintenant suivies pendant 100 ans après l'inondation (et non plus 10 ans comme avant), le CO_2 étant déclaré pendant les 100 premières années et le CH_4 traité comme une source continue au-delà de cette période. Les deux gaz sont déclarés dans la catégorie des Terres converties en terres humides les 20 premières années et dans les Terres humides dont la vocation n'a pas changé par la suite. Des mises à jour méthodologiques ont également introduit la déclaration du méthane, qui n'était jusque-là pas estimé, introduction qui reconnaît que les émissions de CH_4 persistent indéfiniment alors que celles de CO_2 retombent au niveau de base au bout de 100 ans.

Grâce à ces améliorations, les émissions issues des Terres humides dont la vocation n'a pas changé ont été recalculées à la hausse de 3,1 Mt en 1990, de 4,2 Mt en 2005 et de 2,5 Mt en 2023.

6.7.1.2.6. Améliorations prévues

Les améliorations à la catégorie des Terres inondées se concentreront sur les ensembles de données spatiales pour mieux tenir compte des zones inondées et valider les émissions par des mesures ciblées sur le terrain. Des précisions se trouvent au Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.7.1.3. Autres terres humides dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.D.1.c des TCD) – Extraction de ressources

6.7.1.3.1. Description de la catégorie

Depuis 1884, environ 36 000 hectares de tourbières non forestières ont subi les répercussions des activités d'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux en Alberta. De ce total, 21 000 hectares ont été convertis dans la catégorie des Établissements qui représente les perturbations telles que les mines de surface, les routes, les puits et autres conversions (voir la section 6.8.2.3.1).

Les 15 000 hectares restants consistent en des tourbières perturbées par les activités de prospection pétrolière et gazière (par exemple les lignes de sondages sismiques). Puisque ces zones agissent toujours comme des terres humides, elles demeurent dans la catégorie Terres humides et sont déclarées en tant qu'Autres terres humides dont la vocation n'a pas changé. Les estimations dans cette catégorie représentent des absorptions mineures nettes issues de ces terres humides aménagées, qui ont augmenté de 0,02 Mt en 1990 à 0,09 Mt en 2024. Les absorptions en croissance dans cette catégorie reflètent l'expansion de la superficie des terres humides touchées au fil du temps.

6.7.1.3.2. Questions de méthodologie

Dans le cas de la région des sables bitumineux en Alberta, les données sur les activités relatives aux estimations des émissions issues des terres humides perturbées lors de l'extraction de ressources sont compilées à l'aide du Human Footprint Inventory (HFI; ABMI, version de 2022) et de l'Inventaire combiné des terres humides de l'Alberta (AMWI; gouvernement de l'Alberta, 2025) pour déterminer les zones humides touchées. Dans le but de garantir la cohérence spatiale et d'éviter la double comptabilisation, les terres humides forestières sont exclues de cette analyse à partir des cartes SCANFI sur le couvert, qui permet de délimiter l'étendue des forêts (Guindon et al., 2024). Pour des précisions, se référer à l'A3.5.1.3.

Les estimations de cette catégorie ont été établies à l'aide d'une méthode de Niveau 2 adaptée de la modélisation de Niveau 3 des perturbations aux terres humides. La méthode a été mise au point à l'aide du Modèle canadien en matière de tourbières (MCaT; Bona et al., 2020), un cadre de modélisation qui suit la croissance, le renouvellement et la décomposition du carbone dans la végétation, la litière et les couches de sol organique. En appliquant des matrices de perturbation paramétrées à l'aide de données empiriques régionales, le MCaT a simulé le devenir des réservoirs de carbone liés aux activités d'extraction et de prospection pétrolières et gazières.

Puisque les extrants du modèle MCaT résument l'échange net total dans l'écosystème, les résultats du modèle ne sont pas répartis par réservoir de carbone séparés (c.-à-d. biomasse, MOM, sol). Au lieu de cela, toutes les variations du stock sont déclarées dans le réservoir des sols organiques aux tableaux 4.E et 4.D des TCD, ce qui reflète le fait que la majorité des émissions découle des perturbations à la couche de tourbe. Exception à cette logique axée sur la déclaration : la pratique historique du brûlage de la biomasse (par exemple, tas de tourbe, biomasse ligneuse), déclarée séparément dans le Tableau 4(IV) des TCD.

6.7.1.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Dans le cas des perturbations aux terres humides lors de l'extraction de ressources, l'incertitude des estimations vient de plusieurs facteurs. La cartographie limitée de l'étendue et de l'état des terres humides a une incidence sur les données sur les activités dans toutes les sous-catégories. De plus, les méthodes actuelles employées dans l'ATCATF ne parviennent pas à suivre tout le carbone organique dissous (COD), ce qui complique leur attribution à la bonne catégorie de terres. La cohérence de la série chronologique est maintenue de 1990 à 2024.

L'incertitude liée à l'extraction de ressources vient principalement de la cartographie de l'étendue des terres humides et des paramètres relatifs au carbone du sol dans les tourbières, surtout lorsque l'état de la nappe phréatique varie. Estimée par une méthode de Monte Carlo simplifiée, cette incertitude est décrite dans la section A3.5.6.3. Elle varie de 57 % à 140 % et dépend surtout de l'étendue variable des terres humides dans les documents cartographiques d'une région à une autre.

6.7.1.3.4. AQ/CQ et vérification

Le contrôle qualité relatif à l'extraction de ressources nécessite un examen exhaustif des hypothèses de modélisation, des coefficients d'émission et des données sur les activités spatiales représentant les perturbations industrielles. Des experts ont été consultés (voir la section A3.5.6.3). Notamment, des experts de RNCan et des experts provinciaux en cartographie géospatiale et en terres humides de l'Alberta ont contribué à améliorer les hypothèses, la sélection des bons ensembles de données et l'intégration de la rétroaction. De plus, la méthode a été présentée lors de conférences scientifiques nationales pour obtenir des avis externes et assurer la transparence.

D'autres mesures d'AQ/CQ comprennent des vérifications de la cohérence interne, le rapprochement spatial avec les autres catégories de terres et la consignation des hypothèses dans la section A3.5.6.3 et le Tableau A6.5–10. Les procédures générales d'AQ/CQ décrites dans la section 1.4 du Chapitre 1 sont employées.

6.7.1.3.5. Recalculs

Nouvelle catégorie de déclaration ajoutée aux terres humides, l'extraction de ressources tient compte des émissions issues des tourbières non forestières perturbées par le développement pétrolier et gazier. Cet ajout a donné une absorption de 16 kt d'éq. CO_2 en 1990, de 35 kt d'éq. CO_2 en 2005 et 95 kt d'éq. CO_2 en 2023 au total de la catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé. Grâce à cet ajout, l'inventaire de GES du Canada s'avère plus exhaustif et transparent, car il comptabilise les perturbations industrielles auparavant déclarées dans la catégorie des terres humides.

6.7.1.3.6. Améliorations prévues

Des travaux sont prévus pour la catégorie de l'extraction des ressources, dont la comptabilisation des émissions de CH_4 imputables aux sols saturés des terres humides et l'intégration des terres humides forestières par de meilleures estimations de la déforestation, qui classent à l'heure actuelle les terres humides forestières comme des zones sèches. Des précisions se trouvent au Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.7.2. Terres converties en terres humides (catégorie 4.D.2 des TCD)

Cette catégorie couvre les changements d'affectation des terres où des zones sont converties en terres humides et déclarées comme des Terres converties en terres humides 20 ans après la conversion. Elle comprend les Terres forestières converties en terres inondées, surtout par inondation ou extraction de la tourbe, ainsi que les Autres terres converties en terres inondées, où la zone inondée n'était pas une forêt.

Les recalculs dans cette catégorie reflètent la mise à jour des coefficients d'émission, l'amélioration des données sur les activités et l'intégration de nouvelles couches spatiales (décrites et justifiées dans le Chapitre 8 et l'Annexe 3.5). Toutes les séries chronologiques touchées ont été ajustées pour qu'il soit toujours possible de les comparer. À la suite de ces modifications, les émissions ont été recalculées à la hausse de 100 kt en 1990, de 0,24 kt en 2005 et de 290 kt en 2023 dans les Terres forestières converties en terres inondées et de 1,8 Mt, 0,15 Mt et 0,21 Mt pour les mêmes années dans les Autres terres converties en terres inondées.

6.7.2.1. Terres forestières converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe

6.7.2.1.1. Description de la catégorie

Cette sous-catégorie couvre les zones où les terres forestières sont converties en sites aménagés pour l'extraction de la tourbe, en général par le drainage, le déboisement et le développement d'infrastructures (par exemple, routes de transport, fossés, zones de traitement). Au moment de la conversion, la biomasse vivante diminue (en raison de la récolte ou du déboisement) et l'hydrologie du sol se modifie, ce qui déclenche des fluctuations des stocks de carbone dans le sol et des flux de GES. Conformément aux directives du GIEC, les émissions et les absorptions durant les 20 années suivant la conversion sont déclarées dans les Terres converties en terres humides; par la suite, ces zones passent dans les Terres humides dont la vocation n'a pas changé. Des précisions se trouvent à la section 6.7.1.1.1.

6.7.2.1.2. Questions de méthodologie

Bien que le Canada obtienne ses estimations de GES issues des terres humides des données basées sur les activités (par exemple, les registres sur l'extraction de tourbe à l'échelle du site), les émissions résultantes sont regroupées et déclarées dans 18 zones de déclaration pour éviter la double comptabilisation entre les catégories de terres (voir la section A3.5.1). Les estimations suivent une méthode de Niveau 2, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et au Supplément 2013 sur les terres humides (GIEC, 2006; 2014), à l'aide de méthodes propres à l'aménagement des tourbières canadiennes.

Les coefficients d'émission sont calculés à partir des recherches sur les pratiques d'aménagement des tourbières propres au Canada (voir la section A3.5.6.1). Lorsque les terres forestières sont converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe, les stocks de carbone dans le sol changent à cause de l'élimination des arbres et du drainage dans les sites d'extraction nouvellement établis. D'autres précisions sur la méthode se trouvent à la section 6.7.1.1.2. La biomasse forestière récoltée est attribuée aux produits ligneux récoltés (PLR), tel que décrit aux sections A3.5.2 et A3.5.3.

6.7.2.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée à la sous-catégorie Terres forestières converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe est discutée à la section 6.9 sur la conversion des forêts. Des précisions sur l'incertitude associée aux méthodes d'estimation de Niveau 2 sont données aux sections 6.7.1.1.3 et A3.5.6.2.

6.7.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales d'AQ/CQ décrites à la section 1.4 du Chapitre 1 ont été employées dans cette catégorie, en plus des vérifications particulières décrites à la section 6.9 (Conversion des forêts) et à la section 6.7.1 (Terres humides dont la vocation n'a pas changé). Les contre-vérifications consistent notamment à vérifier les données sur les changements d'affectation des terres pour s'assurer de leur cohérence avec les inventaires nationaux sur les forêts et les terres humides et de leur alignement spatial avec les ensembles de données géospatiales. D'autres vérifications d'AQ/CQ se trouvent à la section 6.7.1.1.4. Les hypothèses et les coefficients d'émission sont indiqués à la section A3.5.6.1 et au Tableau A6.5–8.

6.7.2.1.5. Recalculs

Les données sur les activités de 2023 ont fait l'objet de révisions mineures en raison de statistiques mises à jour sur la production de tourbe. À la suite de ces recalculs, les émissions issues des Terres forestières converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe ont diminué de <1 kt en 1990 et en 2005, et de 1,4 kt en 2023.

6.7.2.1.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir se concentreront sur la mise en œuvre des améliorations décrites à la section 6.9 (Conversion des forêts).

6.7.2.2. Terres forestières converties en terres inondées (catégorie 4.D.2.b.i des TCD)

6.7.2.2.1. Description de la catégorie

Les Terres forestières converties en terres inondées désignent les zones où les écosystèmes forestiers ont été inondés de façon permanente pour la création de réservoirs destinés à l'hydroélectricité, à la lutte aux inondations, à l'irrigation ou à l'approvisionnement en eau. En général, cette conversion nécessite l'élimination de la végétation forestière suivie de l'inondation, ce qui se répercute fortement sur la dynamique du carbone, principalement à cause de la décomposition de la biomasse et de la matière organique dans le sol submergé. Au Canada, la plupart des conversions ont eu lieu au milieu du XXe siècle dans le cadre de la construction de grands projets hydroélectriques. Ces zones sont déclarées dans cette catégorie durant les 20 années suivant l'inondation, ce qui reflète la période initiale d'émissions accrues de GES produites par la matière organique en décomposition. Le CO_2 et le CH_4 rejetés par la biomasse et les sols submergés dominent les émissions, les flux atteignant un sommet peu après l'inondation et diminuant graduellement à mesure que la décomposition se stabilise. Dans les Terres forestières converties en terres inondées, les émissions se chiffraient à 2,7 Mt en 1990 et en 2005, et à 2,0 Mt en 2024.

6.7.2.2.2. Questions de méthodologie

Dans les calculs relatifs aux Terres inondées, le Canada recourt à deux méthodes distinctes. Lorsque le déboisement précède l'inondation, les fluctuations des stocks de carbone dans les réservoirs non inondés sont estimées à l'aide du modèle MBC-SFC3, tout comme les autres événements de conversion des forêts. Les émissions imputables à l'incinération des débris de biomasse non inondée sont déclarées dans le Tableau 4(V) des TCD et celles imputables à la décomposition des autres résidus, dans le Tableau 4.D les 20 ans après le déboisement. Par la suite, les émissions passent à la sous-catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé.

Lorsque les forêts sur pied sont inondées sans déboisement préalable, les émissions issues de la surface des réservoirs et autres plans d'eau bâtis sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 propre au pays, fondée sur les flux mesurés de CO_2 (voir la section A3.5.6.2), et non l'hypothèse par défaut des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006) selon laquelle le carbone de la biomasse s'oxyde immédiatement. Cette méthode reflète la décomposition plus lente des arbres et des sols dans les conditions anaérobies observées en pratique. La méthode canadienne fait la distinction entre les émissions provenant du déboisement, estimées comme les autres activités de conversion des forêts, et celles des forêts inondées sur pied, comptabilisées séparément par l'intermédiaire des flux mesurés.

Les émissions sont déclarées dans le Tableau 4.D des TCD durant 20 ans après l'inondation pour éviter la double comptabilisation des pertes de carbone organique dissous (voir la section 6.7.1.2.2). Le temps écoulé depuis la conversion est suivi pour que les émissions soient déclarées dans les Terres converties en terres humides les 20 années après l'inondation, et dans les Terres humides dont la vocation n'a pas changé par après, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) sur la déclaration des catégories.

6.7.2.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

En ce qui concerne l'incertitude associée aux Terres forestières converties en terres inondées, voir la section 6.9 sur la conversion des forêts. Des précisions sur l'incertitude liée aux méthodes d'estimation de Niveau 2 se trouvent aux sections 6.7.1.2.3 et A3.5.6.2.

6.7.2.2.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales d'AQ/CQ décrites dans la section 1.4 du Chapitre 1 sont employées dans cette catégorie, de même que les vérifications particulières décrites à la section 6.9 (Conversion des forêts) et à la section 6.7.1.2.4. Les contre-vérifications consistent notamment à vérifier les données sur les changements d'affectation des terres pour s'assurer de leur cohérence avec les inventaires nationaux sur les forêts et les terres humides et de leur alignement spatial avec les ensembles de données géospatiales. Les hypothèses et les coefficients d'émission sont consignés à la section A3.5.6.2 et au Tableau A6.5–9.

6.7.2.2.5. Recalculs

Les recalculs dans cette catégorie reflètent la mise à jour des données sur les activités et l'application d'un meilleur modèle relatif aux émissions des terres inondées qui intègre les coefficients d'émissions propres au Canada obtenus à partir du cadre de modélisation G-res (voir la section 6.7.1.2.5). Les modifications méthodologiques sont décrites à la section A3.5.6.2. De plus, d'autres recalculs ont eu lieu dans la catégorie des forêts converties (voir la section 6.7) pour tenir compte des révisions en lien avec le déboisement.

À la suite de ces améliorations, les émissions des Terres forestières converties en terres inondées ont été recalculées à la hausse de 100 kt en 1990, de 0,1 kt en 2005 et de 290 kt en 2023.

6.7.2.2.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir se concentreront sur la mise en place des améliorations décrites à la section 6.9 (Conversion des forêts). Des mises à jour sont prévues pour les émissions issues des forêts inondées sur pied, notamment en ce qui a trait aux coefficients d'émission et aux données sur les activités, telles que décrites au Chapitre 8 (Tableau 8–5).

6.7.2.3. Autres terres converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe (catégorie 4.D.2.a.v des TCD)

6.7.2.3.1. Description de la catégorie

Cette sous-catégorie comprend les Autres terres converties (par exemple les terres non forestières et non agricoles) en Terres humides pour l'extraction de la tourbe. Les émissions et absorptions associées prennent en compte les pertes de biomasse au moment de la conversion, les fluctuations des stocks de carbone des sols organiques et les émissions de méthane (CH_4), le cas échéant, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC en lien avec la gestion des tourbières (GIEC, 2006).

6.7.2.3.2. Questions de méthodologie

Les conversions sont rapprochées à l'aide du cadre spatial à 18 zones pour éviter la double comptabilisation des catégories de terres et pour que le traitement des perturbations et des calques de superposition liés à l'aménagement soient cohérents. Les émissions et les fluctuations du stock de carbone provenant de ces conversions suivent des principes méthodologiques cohérents. De plus, des méthodes propres à l'activité sont employées dans la catégorie des Tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe.

Lorsque d'autres terres sont déboisées et converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe, les fluctuations du stock de carbone sont analysées dans les nouveaux champs d'extraction pour tenir compte des effets de l'élimination de la biomasse et du drainage. D'autres questions méthodologiques se trouvent à la section 6.7.1.1.2.

6.7.2.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

D'autres précisions sur le degré d'incertitude associé aux méthodes d'estimation de Niveau 2 sont données à la section A3.5.6.2 de l'Annexe 3.5 et à la section 6.7.1.1.3 dans ce chapitre.

6.7.2.3.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures générales d'AQ/CQ décrites à la section 1.4 du Chapitre 1 ont été employées dans cette catégorie. Les contre-vérifications consistent notamment à vérifier les données sur les changements d'affectation des terres pour s'assurer de leur cohérence avec les inventaires nationaux sur les forêts et les terres humides et de leur alignement spatial avec les ensembles de données géospatiales. D'autres vérifications d'AQ/CQ se trouvent à la section 6.7.1.1.4. Les hypothèses et les coefficients d'émission sont consignés à la section A3.5.6.1.

6.7.2.3.5. Recalculs

Les données sur les activités de 2023 ont fait l'objet de révisions mineures en raison de statistiques mises à jour sur la production de tourbe. À la suite de ces recalculs, les émissions issues des Autres terres converties en tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe ont diminué de <1 kt en 1990 et en 2005, et de 7,3 kt en 2023.

6.7.2.3.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir se concentreront sur la mise en place des améliorations décrites à la section 6.7.1.1.6.

6.7.2.4. Autres terres converties en terres inondées (catégorie 4.D.2.b.v des TCD)

6.7.2.4.1. Description de la catégorie

Cette sous-catégorie désigne les zones où des terres non forestières et non agricoles ont été inondées de façon permanente pour la création de réservoirs destinés à l'hydroélectricité, à la lutte aux inondations, à l'irrigation ou à l'approvisionnement en eau. En général, cette conversion nécessite l'inondation de terres peu végétalisées ou non aménagées, ce qui modifie la dynamique du carbone, dont la décomposition de la biomasse existante et de la matière organique dans le sol. Au Canada, la grande majorité de ces terres inondées ont été créées au milieu du XX^{e} siècle dans le cadre de la construction de grands projets hydroélectriques. Les émissions durant les 20 années suivant l'inondation sont déclarées dans cette catégorie, ce qui reflète la période initiale d'émissions accrues de GES produites par la matière organique en décomposition. Le CO_2 et le CH_4 rejetés par les sols et la biomasse résiduelle dominent les émissions, les flux atteignant un sommet peu après l'inondation et diminuant graduellement à mesure que la décomposition se stabilise.

6.7.2.4.2. Questions de méthodologie

Lorsque des terres non forestières sont inondées, le Canada ne suppose pas que le carbone organique s'oxyde immédiatement. Au lieu de cela, les émissions issues de la surface des réservoirs sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 propre au pays, fondée sur les flux mesurés de CO_2 (voir la section A3.5.6.2), et non l'hypothèse par défaut du GIEC selon laquelle le carbone de la biomasse s'oxyde instantanément au moment de l'inondation (GIEC, 2006). Cette méthode reflète la décomposition plus lente de la matière organique dans les conditions anaérobie observées en pratique. Les émissions sont déclarées dans le Tableau 4.D des TCD durant 20 ans après l'inondation pour éviter la double comptabilisation des pertes de carbone organique dissous. D'autres précisions méthodologiques se trouvent à la section 6.7.1.2.2.

Le temps écoulé depuis la conversion est suivi pour que les émissions soient déclarées dans les Terres converties en terres humides les 20 ans après l'inondation et dans les Terres humides dont la vocation n'a pas changé par après. La méthode canadienne représente mieux la dynamique du carbone que la méthode par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), car dans cette dernière, il est supposé que tout le carbone organique soit émis immédiatement après l'inondation.

6.7.2.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré d'incertitude dans cette catégorie a été évalué selon la méthode décrite à la section 6.7.1.1.3, soit à l'aide de la propagation d'erreur standard, décrite à la section A3.5.6.2. L'incertitude est surtout causée par le recours à des coefficients d'émission de substitution pour certains réservoirs et par la variabilité saisonnière de l'étendue d'eau. L'incertitude globale de cette sous-catégorie varie entre ±15 % en 1990 et ±23 % en 2024.

6.7.2.4.4. AQ/CQ et vérification

Les procédures d'AQ/CQ dans cette catégorie suivent la méthode décrite dans la section sur les Terres humides dont la vocation n'a pas changé et soulignée à la section 6.7.1.1.4. Elles comprennent notamment des vérifications de la cohérence interne, le rapprochement spatial avec les autres catégories d'affectation des terres et la consignation des hypothèses et des méthodes dans les annexes. Enfin, les procédures générales d'AQ/CQ décrites à la section 1.4 du Chapitre 1 ont été employées dans cette catégorie.

6.7.2.4.5. Recalculs

Les recalculs dans cette catégorie reflètent la mise à jour des données sur les activités et l'application d'un meilleur modèle relatif aux émissions des terres inondées qui intègre les coefficients d'émissions propres au Canada obtenus à partir du cadre de modélisation G-res (voir la section 6.7.1.2.5). Les modifications méthodologiques sont décrites à la section A3.5.6.2. À la suite de ces améliorations, les émissions issues des Autres terres converties en terres inondées ont été recalculées à la hausse de 1,8 Mt en 1990, de 0,15 Mt en 2005 et de 0,20 Mt en 2023.

6.7.2.4.6. Améliorations prévues

Des travaux sont prévus pour la catégorie de l'extraction des ressources, dont la comptabilisation des émissions de CH_4 imputables aux sols saturés des terres humides et l'intégration des terres humides forestières par de meilleures estimations de la déforestation, qui classent à l'heure actuelle les terres humides forestières comme des zones sèches. Les améliorations continues à venir se concentreront sur l'avancement des connaissances et la mise à jour des données sur les activités, surtout l'étendue des terres humides et la classification des terres humides forestières. Les travaux à venir viseront à établir des estimations pour les sites remis en état et restaurés, ainsi qu'à élargir la méthode au-delà de la région des sables bitumineux en Alberta de façon qu'elle couvre les perturbations industrielles des terres humides à l'échelle nationale.

D'autres précisions se trouvent au Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.8. Établissements (catégorie 4.E des TCD)

La catégorie des Établissements est diversifiée, puisqu'elle comprend toutes les routes et infrastructures de transport, les emprises de transport d'électricité et les couloirs de pipeline, les terres employées à des fins résidentielles, récréatives, commerciales et industrielles dans les milieux urbains et ruraux, et, enfin, les terres qui servent à l'extraction de ressources non renouvelables (p. ex., le pétrole et le gaz, et l'exploitation minière).

Pour cet inventaire, la catégorie Établissements est divisée en sous-catégories : les Établissements dont la vocation n'a pas changé (arbres en milieu urbain et extraction de ressources) et les Terres converties en établissements. Les estimations concernent plusieurs types de conversion de terres déclarées dans plusieurs sous-catégories : terres forestières (Terres forestières converties en établissements), terres non forestières dans le nord du Canada (Prairies converties en établissements) et les terres humides dans la région des sables bitumineux en Alberta (Terres humides converties en établissements). En 2024, la superficie de 0,58 Mha dans la sous-catégorie des Terres converties en établissements correspondait à des émissions de 8,3 Mt alors que la croissance des arbres urbains a absorbé 4,0 Mt.

6.8.1. Établissements dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.E.1 des TCD)

6.8.1.1. Description de la catégorie

Cette catégorie comprend les fluctuations des stocks de carbone associés à la biomasse des arbres en milieu urbain au Canada et les émissions résiduelles restant après la période de 20 ans suivant la conversion des terres humides en établissements en raison des activités d'extraction des ressources.

Arbres en milieu urbain

Les estimations des absorptions de CO_2 issues de la croissance des arbres dans les autres sous-catégories d'Établissements à l'extérieur des zones urbaines ne font pas partie de cet inventaire. Les absorptions annuelles totales des arbres en milieu urbain étaient relativement stables autour d'une moyenne de 4,0 Mt par an durant la série chronologique. Les estimations relatives à neuf des zones de déclaration les plus au sud sont consignées, là où se concentrent les grands centres urbains. Les absorptions les plus importantes en 2024 ont eu lieu dans les zones de déclaration des Plaines à forêts mixtes (1,4 Mt) et Maritime du Pacifique (1,4 Mt), qui, prises ensemble, comptaient pour 72 % du total. Le bois de chauffage attribué à la biomasse des arbres en milieu urbain, transféré au réservoir des PLR et servant à la bioénergie résidentielle comptait pour 0,3 Mt par an des émissions totales dues au bois de chauffage déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés.

Extraction de ressources Dans la région des sables bitumineux en Alberta, les émissions résiduelles des terres humides converties en établissements (voir la section 6.8.2.3) sont relativement faibles, mais affichent une tendance à la hausse au cours de la série chronologique, après des niveaux négligeables de 2 kt en 1990 à 94 kt en 2024.

6.8.1.2. Questions de méthodologie

Arbres en milieu urbain

Les absorptions de CO_2 par les arbres situés dans les zones urbaines ont été estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2A basée sur la superficie de couvert arboré, laquelle est tirée des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Pour une portion importante de la superficie urbaine totale, les estimations du couvert arboré urbain (CAU) entre 1990 et 2012 ont été réalisées à l'aide d'une méthode d'échantillonnage par point. Les points échantillons ont été interprétés visuellement à partir de photographies aériennes numériques ou d'images satellitaires de haute résolution, puis classés dans deux grandes catégories en fonction de la présence ou non de couvert arboré. Ensuite, la superficie totale du couvert arboré a été estimée à l'aide d'estimations de la superficie du CAU et de la superficie urbaine totale, pour chaque période à l'étude. La superficie estimée du couvert arboré total a été multipliée par un taux de croissance basé sur la superficie de couvert forestier urbain (CVT, comme défini au Chapitre 8 du volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC) propre à chaque UR pour obtenir un taux annuel brut de séquestration. La séquestration nette a été estimée par un facteur appliqué à la valeur brute. Les valeurs de stockage et de séquestration du C dans les arbres urbains de 18 UR (voir le Tableau A6.5–11) ont été obtenues selon la méthode décrite dans Steenberg et al. (2023). Les taux de croissance et de séquestration ont été appliqués aux 18 UR, confirmant que les estimations de la superficie du CAU et du taux de séquestration sont les principaux facteurs entrant dans le calcul des estimations globales de l'absorption. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie d'estimation sont présentés à la section A3.5.7.1.

Extraction de ressources

Les données sur les activités ont été obtenues à partir du Human Footprint Inventory (HFI; version de 2022 version) mis au point par l'Institut de surveillance de la biodiversité en Alberta (ABMI, 2025). Pour garantir la cohérence spatiale et éviter la double comptabilisation, cette analyse exclut les terres humides forestières à l'aide des cartes de couvert SCANFI, qui permettent de délimiter l'étendue de la forêt (Guidon et al., 2024).

Cette méthode utilise des facteurs de Niveau 2 (Tableau A6.5–10) établis à partir du Modèle canadien en matière de tourbières (MCaT; Bona et al., 2020) pour estimer les émissions résiduelles issues des tourbières touchées par l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux. Le temps écoulé depuis la conversion est suivi pour que les émissions soient déclarées dans les Terres humides converties en établissements les 20 années suivant la perturbation et dans les Établissements dont la vocation n'a pas changé par après. Voir la section 6.8.2.1.1 pour des précisions.

6.8.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence des séries chronologiques

Arbres en milieu urbain

L'incertitude entourant les estimations du CAU a été évaluée selon l'erreur type associée à la méthode d'échantillonnage (0,2 % pour l'estimation nationale du CAU). Les erreurs types associées aux estimations du CAU étaient faibles en raison du très grand nombre de points d'échantillonnage. L'incertitude associée à la superficie urbaine totale a été estimée à 15 % en 1990 et à 10 % en 2012. Quant à l'incertitude associée au taux brut de séquestration du C à l'échelle nationale (33 %), elle a été estimée à l'aide d'une analyse de Monte-Carlo pour chacune des UR, à partir des données sur les arbres urbains recueillies sur le terrain au Canada. L'incertitude totale associée aux estimations du taux net de séquestration du CO_2 des arbres en milieu urbain est de 38 % pour 1990 et 2012. D'autres renseignements sur la méthode d'estimation sont présentés à la section A3.5.7.1.

La même méthode et les mêmes coefficients utilisés pour estimer les émissions ont été employés pour toute la série chronologique.

Extraction de ressources

L'incertitude liée aux émissions résiduelles issues de l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux en Alberta a été estimée par l'analyse de Monte Carlo simplifiée décrite à la section A3.5.6.3. Dans cette sous-catégorie, l'incertitude varie entre 55 % et 91 % selon l'année, le principal facteur étant la variation de l'étendue estimée des terres humides étant donné que les documents cartographiques liés à ces terres varient grandement d'une région à l'autre.

6.8.1.4. AQ/CQ et vérification

La section 1.3 du Chapitre 1 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie.

Arbres en milieu urbain

En ce qui a trait aux arbres en milieu urbain, les estimations des valeurs régionales de couvert arboré urbain employées ont été comparées aux valeurs de couvert arboré urbain publiées pour les grandes villes canadiennes, lesquelles étaient estimées à partir d'un échantillonnage par points. Dans la majorité des cas, les estimations du CAU correspondaient étroitement aux valeurs publiées, ayant un coefficient global de détermination (R2) de 0,90 obtenu par une analyse de régression linéaire. En outre, à l'échelle nationale, les estimations du CAU ont été comparées à celles obtenues à partir d'une méthode basée sur la végétation naturelle potentielle (GIEC, 2006); une fois pondérées en fonction de la superficie urbaine, ces estimations étaient très proches (différence de moins de 2 %).

Extraction de ressources

En ce qui concerne l'extraction de ressources, les activités de QC comprennent l'examen des hypothèses de modélisation, des coefficients d'émission et des données sur les activités spatiales représentant les perturbations industrielles. Des experts ont été consultés (voir la section A3.5.6.3). Notamment, des experts de RNCan et des experts provinciaux en cartographie géospatiale et en terres humides de l'Alberta ont participé à l'amélioration des hypothèses, à la sélection des bons ensembles de données et à l'intégration de la rétroaction. De plus, la méthode a été présentée lors de conférences scientifiques nationales pour obtenir des avis externes.

6.8.1.5. Recalculs

Arbres en milieu urbain

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

Extraction de ressources

Des recalculs mineurs ont eu lieu, car les estimations relatives à l'extraction des ressources ont été intégrées. À la suite de ces modifications, les émissions ont été recalculés à la hausse de 2 kt en 1990, de 36 kt en 2005 et de 84 kt en 2023.

6.8.1.6. Améliorations prévues

Arbres en milieu urbain

En ce qui a trait aux arbres en milieu urbain, d'autres travaux auront lieu pour mettre à jour la méthode, les estimations des données sur les activités et les coefficients servant à estimer les absorptions brutes et nettes. Des mises à jour sont prévues pour 2005, 2015 et 2020, lesquelles feront appel à l'échantillonnage de photos aériennes numériques et d'images satellitaires de haute résolution pour estimer la proportion du CAU dans les principales régions urbaines du Canada autour de ces années.

Extraction de ressources

Des travaux sont prévus pour la catégorie de l'extraction des ressources : notamment, les émissions de CH_4 imputables aux sols saturés des terres humides seront comptabilisées et les terres humides forestières seront intégrées à la superficie des terres humides perturbées. Pour ce faire, les activités de déforestation actuelles seront quantifiées, car les terres humides forestières sont classées à tort comme des forêts sur sols secs. Les améliorations continues se concentreront sur l'avancement des connaissances et la mise à jour des données sur les activités, surtout l'étendue des terres humides et la classification des terres humides forestières. Les travaux à venir viseront à établir des estimations pour les sites remis en état et restaurés, ainsi qu'à élargir la méthode au-delà de la région des sables bitumineux en Alberta de façon qu'elle couvre les perturbations industrielles des terres humides à l'échelle nationale.

Le Tableau 8–5 du Chapitre 8 fournit des précisions supplémentaires.

6.8.2. Terres converties en établissements (catégorie 4.E.2 des TCD)

En 2024, les émissions dans la sous-catégorie des Terres converties en établissements ont totalisé 8,3 Mt. Même si plusieurs catégories de terres, dont les Terres forestières, pourraient potentiellement être converties en établissements, les données sont actuellement insuffisantes pour quantifier la superficie ou les émissions associées à tous les types de changement d'affectation des terres. Des efforts considérables ont été déployés pour quantifier la superficie des terres forestières converties en établissements, car il s'agissait là du principal type de conversion en importance de 1998 à 2016. De 1990 à

2024, en moyenne, 21 kha de terres forestières ont été converties en établissements chaque année, principalement dans les zones de déclaration des Plaines boréales, du Bouclier boréal est, de la zone Maritime de l'Atlantique, des Plaines à forêts mixtes et de la Cordillère montagnarde. La conversion des terres forestières représente près de 95 % des émissions déclarées dans la présente catégorie. Une méthode uniforme a été mise au point pour tout type de conversion des forêts, qui est décrite à la section 6.9 et à la section A3.5.2.7.

Le reste de la section traite de la conversion des terres non forestières en établissements, ce qui comprend les changements d'affectation des terres dans le Nord canadien, déclarés dans la sous-catégorie des Prairies converties en établissements, la conversion des terres dans les régions agricoles du Canada, déclarées dans la sous-catégorie des Terres cultivées converties en établissements et la conversion des terres associées à l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux en Alberta, déclarée principalement dans la sous-catégorie des Terres humides converties en établissements, mais dont certaines émissions résiduelles sont également déclarées dans la sous-catégorie des Établissements dont la vocation n'a pas changé. En 2024, la conversion des terres non forestières comptait pour 5 % des émissions déclarées dans cette catégorie.

6.8.2.1. Terres cultivées converties en établissements (catégorie 4.E.2.2 des TCD)

6.8.2.1.1. Description de la catégorie

L'étalement urbain et le développement industriel aux fins de l'extraction de ressources ont été les principaux moteurs de la conversion de terres cultivées en établissements au Canada. En moyenne, de 1990 à 2000 et de 2000 à 2010, une proportion de 18 kha et de 11 kha de terres cultivées a été convertie en établissements chaque année, surtout dans les zones de déclaration suivantes : Plaines à forêts mixtes, Prairies subhumides et Maritime de l'Atlantique. Les émissions n'ont pas été estimées jusqu'à maintenant, mais cette estimation fait partie des améliorations prévues dans cette catégorie.

6.8.2.1.2. Questions de méthodologie

La superficie des terres cultivées converties en établissements a été estimée à partir de cartes de l'affectation des terres en 1990, 2000 et 2010 de Huffman et al. (2015b) à l'aide des méthodes décrites à la section A3.5.7.2. Les taux de conversion annuels ont été estimés en calculant la superficie totale des terres converties pendant ces trois années, puis en les divisant par l'intervalle de temps, en supposant un taux de conversion constant d'une année à l'autre. Les taux de conversion annuels ont été extrapolés en fonction d'un taux de conversion constant après 2010.

6.8.2.1.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée à la superficie du changement d'affectation des terres a été quantifiée à partir de 457 points répartis dans cinq régions métropolitaines de recensement (RMR), soit Toronto, Hamilton, Oshawa, Montréal et Edmonton. Ces RMR représentent plus de 45 % de la superficie totale touchée par des conversions. La précision globale dans la détection des zones de véritable changement était supérieure à 80 % et concorde avec les valeurs trouvées par Huffman et al. (2015b) sur l'exactitude de chaque carte d'affectation des terres.

6.8.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Les polygones du recensement de 2011 ont servi à délimiter chaque RMR, et des images Landsat extraites des données du Global Land Survey (fournies avec ArcGIS Online) ont été obtenues pour 1990, 2000 et 2010[16]. Le changement d'affectation des terres ou de la couverture terrestre a été vérifié à plus de 200 points à chaque période par interprétation visuelle des images. Les points ont été définis par un échantillonnage aléatoire stratifié, la moitié des points se trouvant dans des zones où des terres cultivées ont été converties en établissements et l'autre moitié, dans des zones sans changement, et sont séparés par une distance minimale de 1 km, dans le but d'éliminer tout biais statistique.

6.8.2.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

6.8.2.1.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir pour cette catégorie visent à établir des estimations mettant l'accent sur les émissions et les absorptions associées aux zones touchées par un changement.

Le Tableau 8–5 du Chapitre 8 fournit des précisions supplémentaires.

16 Landsat Time Enabled Imagery – Canada : https://hub.arcgis.com/maps/9a239fbe2952436a80d3cff95cab34bc/about.

6.8.2.2. Prairies converties en établissements (catégorie 4.E.2.c des TCD)

6.8.2.2.1. Description de la catégorie

Cette méthode précise fait référence non pas aux prairies classiques situées dans les zones de déclaration des Prairies ou de la Cordillère montagnarde, mais bien au changement d'affectation des terres ayant lieu dans la Taïga et la Toundra au nord des régions forestières canadiennes non aménagées. L'exploitation des ressources est le facteur dominant du changement d'affectation des terres dans les régions arctique et subarctique du Canada. En 2024, la conversion de prairies en établissements dans le Nord canadien représentait des émissions de 140 kt, une hausse par rapport aux 125 kt de 1990. La principale source d'émissions de cette catégorie au cours de la série chronologique est la conversion de prairies en établissements dans le Bouclier de la taïga est, la Taïga des plaines et la Cordillère boréale (zones de déclaration 4, 13 et 16).

6.8.2.2.2. Questions de méthodologie

Une estimation précise des effets directs de l'activité humaine dans le Nord canadien exige que les activités soient géographiquement localisées et que la végétation présente avant la conversion soit connue. Cela représente un défi important, étant donné que la superficie en question couvre plus de 560 Mha et qu'elle recoupe 11 zones de déclaration (1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13, 16, 17 et 18; voir la Figure 6–1). Les superficies ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres ont été estimées à l'aide des cartes établies à partir de l'interprétation de l'imagerie pour les années 1990, 2000, 2010 et 2020, tel qu'indiqué à la section A3.5.7.3.

Les stocks de carbone dans la biomasse ont été obtenus à partir de consultations d'experts tenues en de 2020 à 2021 et se basent sur la documentation primaire, dont l'échantillonnage sur le terrain et la télédétection, ainsi que la compréhension des experts de la relation entre le climat et la productivité végétale dans les environnements nordiques, tel que décrit dans la section A3.5.7.3.Les émissions estimées comprennent uniquement les changements des stocks de C présents dans la biomasse aérienne et souterraine avant la conversion.

Étant donné les interactions complexes entre les pratiques de développement et le pergélisol, il est en ce moment impossible de quantifier avec exactitude les émissions issues des perturbations du sol dans le Nord canadien. Les experts consultés (Lapointe E., 2022) ont déterminé qu'il faudrait d'autres recherches mesurant les émissions et absorptions associées aux diverses pratiques connexes au développement dans cette région, pour ensuite orienter la conception de la méthodologie.

6.8.2.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une méthode de propagation d'erreur, décrite à la section A3.5.7.3, a servi à estimer l'incertitude relative à cette catégorie. L'estimation de cette incertitude varie entre 15 % et 66 % pour les différentes zones de déclaration étant donné les conditions variables de la végétation dans cette région immense et de l'attribution de largeurs aux perturbations humaines représentées comme des structures linéaires dans les données sur les activités.

6.8.2.2.4. AQ/CQ et vérification

La section 1.4 du Chapitre 1 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie.

6.8.2.2.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie dans l'édition actuelle de l'inventaire.

6.8.2.2.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir pour améliorer les estimations dans cette catégorie seront axés sur la compilation des données scientifiques canadiennes, et ce, dans le but d'estimer les émissions provenant du réservoir du sol et d'améliorer les estimations de la biomasse là où la repousse est possible après la perturbation initiale.

Le Tableau 8–5 du Chapitre 8 fournit des précisions supplémentaires.

6.8.2.3. Terres humides converties en établissements (catégorie 4.E.2.d des TCD)

Extraction de ressources

6.8.2.3.1. Description de la catégorie

Cette sous-catégorie comporte environ 21 000 hectares de Terres humides converties en établissements en raison d'activités d'extraction dans la région des sables bitumineux en Alberta. Les activités pertinentes comprennent les mines à ciel ouvert, les puits in situ et les infrastructures connexes comme les pipelines, les chemins d'accès et les bassins de résidus miniers.

Les émissions résiduelles sont suivies dans cette sous-catégorie les 20 premières années après la conversion. Par la suite, la terre et les émissions résiduelles passent à la catégorie des Établissements dont la vocation n'a pas changé (voir la section 6.8.1 pour des précisions). Les émissions dans cette catégorie ont globalement augmenté de 65 kt en 1990 à 310 kt en 2024, atteignant un maximum de 375 kt en 2020.

Dix mille autres hectares consistent en des tournières perturbées par les activités de prospection pétrolière et gazière (par exemple les lignes de sondages sismiques). Cependant, puisque ces zones agissent toujours comme des terres humides, elles demeurent dans la catégorie Terres humides et sont déclarées en tant qu'Autres terres humides dont la vocation n'a pas changé (voir la section 6.7.1) au lieu de converties en Établissements.

6.8.2.3.2. Questions de méthodologie

Dans le cas de la région des sables bitumineux en Alberta, les données sur les activités d'extraction de ressources sont compilées à l'aide du Human Footprint Inventory (HFI; ABMI, version de 2022) et de l'Inventaire combiné des terres humides de l'Alberta (AMWI; gouvernement de l'Alberta, 2025) pour déterminer les zones humides touchées. Le temps écoulé depuis la conversion est suivi pour que les émissions soient déclarées dans les Terres converties en établissements les 20 ans après la perturbation et dans les Établissements dont la vocation n'a pas changé par après (voir la section 6.8.1.1). Dans le but de garantir la cohérence spatiale et d'éviter la double comptabilisation, les terres humides forestières sont exclues de cette analyse à partir des cartes SCANFI sur le couvert, qui permet de délimiter l'étendue des forêts (Guindon et al., 2024). Pour plus de précisions, se référer à l'A3.5.6.3.

Les estimations de cette catégorie ont été établies à l'aide d'une méthode de Niveau 2. Tel que décrit à la section 6.7.1.3.2, les coefficients d'émission ont été calculés à partir du Modèle canadien en matière de tourbières (MCaT; Bona et al., 2020), un cadre de modélisation de Niveau 3 qui suit la croissance, le renouvellement et la décomposition du carbone dans la végétation, la litière et les couches de sol organique. En appliquant des matrices de perturbation paramétrées à l'aide de données empiriques régionales, le MCaT a simulé le devenir des réservoirs de carbone liés aux activités d'extraction et de prospection pétrolières et gazières.

Puisque les extrants du modèle MCaT résument l'échange net total dans l'écosystème, les résultats du modèle ne sont pas répartis par réservoir de carbone séparés (c.-à-d. biomasse, MOM, sol). Au lieu de cela, toutes les variations du stock sont déclarées dans le réservoir des sols organiques aux tableaux 4.E et 4.D des TCD, ce qui reflète le fait que la majorité des émissions découle des perturbations à la couche de tourbe. Exception à cette logique axée sur la déclaration : la pratique historique du brûlage de la biomasse (par exemple, tas de tourbe, biomasse ligneuse), déclarée séparément dans le Tableau 4(IV) des TCD.

6.8.2.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une méthode de Monte Carlo simplifiée décrite à la section A3.5.6.3 a servi à estimer l'incertitude dans la présente catégorie. Celle-ci varie de 55 % à 67 % pour le CO_2, de 40 % à 97 % pour le CH_4 et de 0 % à 93 % pour le N_2O selon l'année. Ces incertitudes élevées dépendent surtout de l'étendue variable des terres humides dans les documents cartographiques d'une région à une autre.

6.8.2.3.4. QA/CQ et vérification

La section 1.4 du Chapitre 1 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie.

Le contrôle qualité comprend un examen des hypothèses de modélisation, des coefficients d'émission et des données sur les activités spatiales représentant les perturbations industrielles. Des experts ont été consultés (voir la section A3.5.6.3). Notamment, des experts de RNCan et des experts provinciaux en cartographie géospatiale et en terres humides de l'Alberta ont contribué à améliorer les hypothèses, la sélection des bons ensembles de données et l'intégration de la rétroaction. De plus, la méthode a été présentée lors de conférences scientifiques nationales pour obtenir des avis externes.

6.8.2.3.5. Recalculs

Les recalculs étaient dus à l'introduction d'une méthode servant à estimer les émissions liées à l'extraction de ressources menant à la conversion des Terres humides en Établissements. Par conséquent, les émissions ont été révisées à la hausse de 65 kt en 1990, de 180 kt en 2005 et de 330 kt en 2023.

6.8.2.3.6. Améliorations prévues

Des travaux sont prévus pour la catégorie de l'extraction des ressources, dont la comptabilisation des émissions de CH_4 imputables aux sols saturés des terres humides et l'intégration des terres humides forestières par de meilleures estimations de la déforestation, qui classent à l'heure actuelle les terres humides forestières comme des zones sèches. Les améliorations continues à venir se concentreront sur l'avancement des connaissances et la mise à jour des données sur les activités, surtout l'étendue des terres humides et la classification des terres humides forestières. Les travaux à venir viseront à établir des estimations pour les sites remis en état et restaurés, ainsi qu'à élargir la méthode au-delà de la région des sables bitumineux en Alberta de façon qu'elle couvre les perturbations industrielles des terres humides à l'échelle nationale.

D'autres précisions se trouvent au Tableau 8–5 du Chapitre 8.

6.9. Conversion des forêts

6.9.1. Description de la catégorie

La conversion des forêts n'est pas une catégorie de déclaration, étant donné qu'elle chevauche les catégories des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, des Terres converties en terres cultivées, des Terres humides dont la vocation n'a pas changé, des Terres converties en terres humides, des Terres converties en établissements et des Produits ligneux récoltés. Cette section analyse brièvement les questions de méthodologie propres à ce type de changement d'affectation des terres et souligne la démarche générale suivie pour estimer son ampleur, son emplacement et son incidence. Une approche cohérente a été utilisée pour tous les types de conversion forestière pour minimiser les omissions et les chevauchements, tout en maintenant autant que possible l'uniformité spatiale.

En 2024, la conversion des terres forestières en autres affectation des terres, plus précisément en terres cultivées, en terres humides (tourbières pour l'extraction de tourbe et terres inondées [réservoirs]) et en établissements a généré des émissions immédiates et résiduelles cumulées de 19 Mt, comparativement à 27 Mt en 1990. Cette baisse était due à une réduction des émissions immédiates et résiduelles de 5,2 Mt attribuable à la conversion des terres forestières en terres cultivées, une réduction des émissions de 2,5 Mt due à la conversion des terres forestières en terres humides (réservoirs) et une réduction de 0,78 Mt des émissions immédiates et résiduelles attribuables à la conversion des terres forestières en établissements. À noter que les valeurs mentionnées comprennent les émissions résiduelles des conversions antérieures qui sont passées aux catégories des terres dont la vocation n'a pas changé (p. ex., les catégories Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé et Terres humides dont la vocation n'a pas changé) après le seuil de 20 ans.

De plus, des transferts de carbone associés aux PLR provenant d'activités de conversion des forêts depuis 1990 ont eu lieu. Bien que les transferts totaux soient déclarés dans les catégories de source respectives, le changement net dans le stockage du carbone est déclaré dans la catégorie des PLR comme un stockage net de CO_2 dans le Tableau 4.G des TCD. Ces transferts représentaient l'augmentation nette annuelle du carbone stocké dans les PLR de 0,9 Mt en 2024, une baisse par rapport aux 3,9 Mt de 1990 (voir la section 6.4).

Il convient de distinguer les taux annuels de conversion des terres forestières (64 kha en 1990 et 54 kha en 2024) et la superficie totale de terres forestières converties pour d'autres utilisations foncières, selon les TCD pour chaque année d'inventaire. Les valeurs dans les TCD englobent toutes les terres forestières converties au cours des 20 ans jusqu'à l'année d'inventaire actuelle, donc elles s'avèrent nettement plus élevées que les taux annuels de conversion des forêts en d'autres affectations des terres.

Il est aussi important de noter que les émissions immédiates, qui se produisent au moment de la conversion, représentent une fraction de toutes les émissions imputables aux activités courantes et passées de conversion des forêts déclarées au cours d'une année d'inventaire donnée. En 2024, les émissions immédiates (7,3 Mt) représentaient 39 % des émissions totales des terres déclarées attribuables aux conversions des forêts. Le reste est constitué d'émissions résiduelles causées par des déboisements passés. Les taux de décomposition de la MOM sont tels que les émissions résiduelles continuent au-delà de 20 ans, après quoi elles sont déclarées comme faisant partie des variations des stocks de C dans les catégories Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé et Terres humides dont la vocation n'a pas changé.

Les principaux facteurs de conversion des forêts sont l'expansion agricole et l'extraction des ressources, représentant respectivement 44 % et 27 % de la superficie cumulative de terres forestières converties depuis 1990. Bien que les taux annuels de conversion de forêts en terres cultivées aient diminué de façon constante de 42 kha en 1990 à 12 kha en 2010, cette tendance s'est inversée depuis. Les taux annuels ont augmenté graduellement jusqu'à environ 30 kha depuis 2020, soit les taux observés dans les années 1990, en raison d'un étalement agricole récent dans les Plaines boréales, les Prairies subhumides et les Plaines à forêts mixtes (Figure 6–8).

Cette tendance se poursuit, de sorte que l'étalement agricole compte pour une proportion accrue des émissions imputables à la conversion des forêts au Canada. En 2024, l'étalement agricole était responsable d'environ 55 % du territoire total converti chaque année, ce qui illustre l'effet du phénomène sur cette catégorie au cours des dernières années.

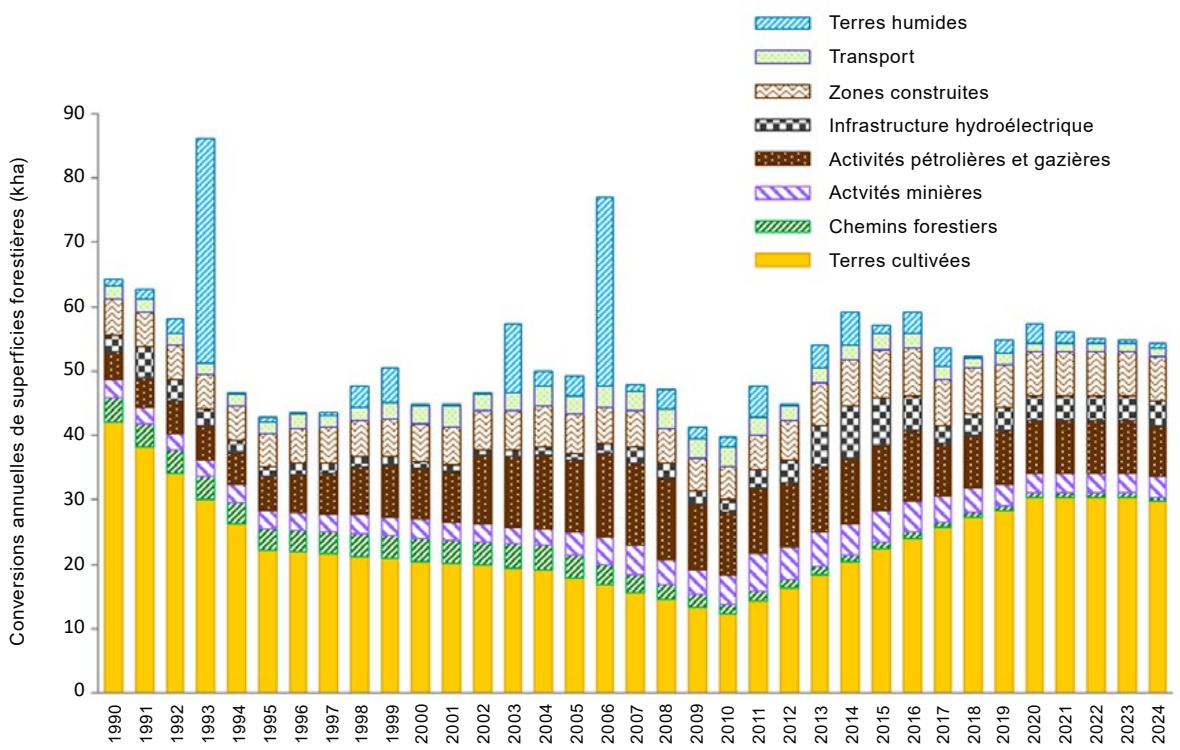
Les taux annuels de conversion de terres forestières en établissements pour un éventail d'utilisations finales des terres, dont les routes forestières, les activités minières, pétrolières et gazières, les infrastructures hydroélectriques, le transport et les zones construites, y compris l'étalement urbain, ont beaucoup fluctué au cours de la période de déclaration : elles sont passés de 21 kha en 1990 à des sommets de 31 kha en 2007 et de 34 kha en 2014, pour ensuite retomber à 24 kha en 2024 (Figure 6–8).

Entre 1998 et 2016, la conversion de terres en établissements constituait le principal moteur de conversion des forêts au Canada, puisque, en moyenne, 56 % de la superficie forestière totale était convertie annuellement en établissements. Cette tendance reflète le développement des ressources (p. ex., routes forestières, infrastructures hydroélectriques, exploitations minières, pétrolières et gazières, transport), spécialement dans la région des Plaines boréales, qui a atteint un taux maximal annuel de 15 kha en 2006, 2007 et 2008. La conversion de forêts pour la mise en valeur des ressources dans cette région a depuis diminué, mais demeure responsable de 22 % de la perte totale de la superficie forestière nationale en 2024.

L'inondation occasionnelle de grands réservoirs (p. ex. La Forge-1 en 1993 et Eastmain-1 en 2006) peut également mener à la conversion de vastes superficies de forêts (Figure 6–8). Par exemple, en 1993, les superficies les plus importantes de forêts converties étaient attribuées à la catégorie des Terres humides. Cependant, puisqu'une bonne partie des stocks de C antérieurs à la conversion sont submergés et non pas déboisés ou incinérés, ces événements épisodiques ne libèrent pas nécessairement des quantités correspondantes de gaz à effet de serre.

La conversion des terres forestières concerne à la fois les forêts aménagées et non aménagées. Les pertes de forêts non aménagées se produisent surtout dans les zones de déclaration 4 (Bouclier de la taïga est) et 5 (Bouclier boréal est), et sont généralement attribuables à l'inondation de réservoirs. Dans une moindre mesure, ce phénomène s'observe également dans les zones de déclaration 9 (Bouclier boréal ouest) et 8 (Plaines hudsoniennes).

Figure 6–8 **Conversions annuelles de superficies forestières, par utilisation finale des terres**



6.9.2. Questions de méthodologie

La conversion des forêts en d'autres catégories de terres, qui se produisait à un rythme rapide dans le passé, reste une pratique courante au Canada. Elle est motivée par plusieurs circonstances partout au pays : cadres de politique et de réglementation, lois du marché, richesse en ressources naturelles. Les activités économiques qui entraînent des pertes forestières sont diversifiées, et il en résulte une hétérogénéité des régimes spatiaux et temporels de conversion des forêts, qui ont été systématiquement documentés au cours des dernières décennies. La difficulté a été de concevoir une démarche intégrant une diversité de sources d'information afin de bien saisir les divers modes de conversion des forêts dans le paysage canadien tout en conservant une approche homogène pour réduire au minimum les omissions et les chevauchements.

La démarche adoptée pour estimer les superficies forestières converties en d'autres affectations des terres repose sur trois grandes sources d'information : i) l'échantillonnage systématique ou représentatif d'images de télédétection, ii) les registres de données et iii) le jugement d'experts (Dyk et al., 2011, 2015). La méthode de base repose sur des cartes de conversion des forêts obtenues par télédétection, établies d'après des échantillons d'images Landsat remontant à environ 1975, 1990, 2000, 2008, 2013, 2018 et 2023, définissant ainsi les périodes de 1975 à 1990, de 1990 à 2000, de 2000 à 2008, de 2008 à 2013, de 2013 à 2018 et de 2018 à 2023. Pour l'application de la méthode, tout déboisement permanent d'une largeur supérieure à 20 m de la base d'un arbre à celle d'un autre arbre et couvrant une superficie d'au moins 1 ha a été considéré comme une conversion de terres forestières. Cette convention a été adoptée pour étiqueter logiquement les agencements linéaires du paysage. Les autres grandes sources d'information consistaient en des bases de données ou d'autres documents sur les chemins forestiers, les lignes de transport d'énergie, les infrastructures pétrolières et gazières

et les réservoirs hydroélectriques. Lorsque l'échantillonnage par télédétection était insuffisant, des experts ont été consultés dans le but d'amoindrir les différences entre les données de registres et d'analyse de télédétection, et les écarts apparents existant dans les estimations des superficies. Une description plus détaillée de la démarche et des sources de données utilisées est fournie à la section A3.5.2.7.

Toutes les estimations des émissions issues des réservoirs de biomasse et de MOM imputables à la conversion des forêts ont été établies à l'aide du modèle MBC-SFC3 (voir la section 6.3.1.2), sauf lorsque les forêts étaient inondées sans déboisement préalable ou déboisées pour l'extraction de tourbe (voir les sections 6.7 et A3.5.6). D'autres cadres de modélisation ont servi à estimer les émissions du réservoir du sol, à l'exception de la sous-catégorie des Terres converties en établissements, pour laquelle les taux de décomposition du modèle MBC-SFC3 sont utilisés. C'est pourquoi les méthodes sont généralement conformes à celles utilisées dans la sous-catégorie des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé. La section A3.5.2.1 résume les procédures d'estimation.

6.9.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une incertitude globale de ±30 % est associée aux estimations de la superficie totale de terres forestières converties chaque année au Canada (Leckie, 2011). La vraie valeur annuelle de cette superficie, avec un intervalle de confiance de 95 %, se situe entre 45 kha et 83 kha pour 1990, et entre 38 kha et 71 kha pour 2024. Il faut prendre soin de ne pas appliquer la fourchette de 30 % à la superficie cumulative déclarée dans les TCD pour les terres forestières converties en une autre catégorie de terres depuis moins de 20 ans. La section A3.5.2.7 décrit les principales sources d'incertitude associées aux estimations de superficie établies d'après les données de télédétection.

6.9.4. AQ/CQ et vérification

La section 1.4 du Chapitre 1 décrit les procédures générales d'AQ/CQ qui ont été suivies dans cette catégorie. De plus, des procédures détaillées d'AQ/CQ de Niveau 2 ont été appliquées pendant la préparation des estimations, notamment un contrôle de qualité documenté de l'interprétation des images, une validation sur le terrain, des calculs croisés et un examen détaillé des résultats (Dyk et al., 2011, 2015). Les calculs, l'utilisation des données des registres et l'avis des experts, qui peuvent être retracés grâce au système de compilation, ont été consignés. Des renseignements supplémentaires se trouvent à la section A3.5.2.7.

Environnement et Changement climatique Canada, tout en ayant ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations réalisées à l'interne (voir la section 1.4 du Chapitre 1), applique des procédures distinctes aux estimations venant de ses partenaires, ainsi qu'à toutes les estimations et les données sur les activités venant de la bibliothèque de données de l'ATCATF (Blondel, 2022) qui sont ensuite saisies dans le logiciel CRT Reporter.

6.9.5. Recalculs

Les recalculs dans la Conversion des forêts découlaient de trois modifications méthodologiques ayant eu lieu cette année : (i) l'application d'un meilleur ensemble de paramètres relatifs à la MOM et au carbone dans le sol dans le MBC-SFC3 (voir la section 6.3); (ii) l'achèvement d'une nouvelle période de cartographie de 2018 à 2023, en raison de laquelle les taux de conversion des forêts ont été révisés dans toutes les catégories d'affectation des terres au cours des dernières années; (iii) l'application d'un modèle amélioré d'émission des terres inondées et de données sur les activités mises à jour en ce qui concerne les réservoirs. À la suite de ces modifications, toute la série chronologique a été révisée à la hausse, notamment de 2,5 Mt en 1990, de 2,9 Mt en 2005 et de 2,0 Mt en 2023 dans les principales années de déclaration.

À la suite des recalculs dans les principales années de déclaration, le stockage de carbone dans les PLR a été révisé de +91 kt en 1990, de -116 kt en 2005 et de -212 kt en 2023.

6.9.6. Améliorations prévues

L'élaboration de nouvelles données cartographiques et des nouveaux paramètres et processus relatifs à la conversion des forêts fait partie de l'amélioration continue des estimations de l'ATCATF. À long terme, les améliorations comprennent la révision des données sur les activités de déboisement de 1970 à 2010, ce qui permettra de mieux estimer les valeurs des périodes antérieures.

La section 8.3.1 et le Tableau 8–5 du Chapitre 8 fournissent davantage de précisions.

DÉCHETS (SECTEUR 5 DES TCD)

7.1. Aperçu 259
7.2. Sites d'enfouissement municipaux (catégorie 5.A.1 des TCD) 260
7.3. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (compris dans la catégorie 5.A.1 des TCD) 263
7.4. Traitement biologique des déchets solides (catégorie 5.B des TCD) 264
7.5. Incinération et combustion à l'air libre de déchets (catégorie 5.C des TCD) 266
7.6. Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D des TCD) 267

7.1. Aperçu

Le secteur des Déchets au Canada comprend les émissions imputables au traitement et à l'élimination des déchets, entre autres des Sites d'enfouissement, du Compostage et du Traitement biologique des déchets solides, de l'Incinération et combustion à l'air libre des déchets, ainsi que du Traitement et rejet des eaux usées.

7.1.1. Résumé sur les émissions

Les sources de gaz à effet de serre (GES) faisant partie du secteur des Déchets sont le méthane (CH_4) provenant des Sites d'enfouissement; le CH_4 et l'oxyde nitreux (N_2O) imputables au Traitement biologique des déchets solides; le dioxyde de carbone (CO_2), le CH_4 et le N_2O attribuables à l'Incinération et combustion à l'air libre des déchets; ainsi que le CO_2, le CH_4 et le N_2O résultant du Traitement et rejet des eaux usées.

En 2024, les émissions de gaz à effet de serre du secteur des Déchets représentaient 22,5 Mt du total des émissions nationales, comparativement à 23,5 Mt en 2005, soit une diminution de 0,96 Mt ou 4,1 % (Tableau 7–1). Les émissions de ce secteur représentaient 3,5 % des émissions nationales totales de GES en 1990, 3,1 % en 2005 et 3,3 % en 2024.

Les principaux contributeurs aux émissions du secteur des Déchets étaient les Sites d'enfouissement municipaux, qui représentaient 18,4 Mt d'éq. CO_2 en 2024, ou 82 % des émissions du secteur des Déchets (Tableau 7–1).

Les émissions de CO_2 attribuables aux déchets d'origine biologique autre que fossile (biogène) figurent dans l'inventaire en tant que fluctuation des stocks de carbone dans le secteur de l'Agriculture, de la foresterie et autres affectations des terres (AFAAT) (GIEC 2006, Volume 5, Chapitre 1). En tant que telles, les émissions de CO_2 provenant de matières d'origine biogène ne sont déclarées que comme item de mémo dans le secteur des Déchets. Les émissions de CH_4 issues des déchets servant à produire de l'énergie (comme le brûlage des gaz d'enfouissement ou du biogaz pour générer de la chaleur ou de l'électricité) sont déclarées dans le secteur Énergie de l'inventaire, donc omises du secteur des Déchets.

Tableau 7–1 **Aperçu des émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Déchets	**21 300**	**23 500**	**23 000**	**23 000**	**23 200**	**23 100**	**23 000**	**22 500**
Sites d'enfouissement (5.A)								
Sites d'enfouissement municipaux	18 100	19 600	18 900	19 000	19 200	19 100	18 900	18 400
Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	906	1 040	790	772	753	735	719	703
Traitement biologique des déchets solides (5.B)	**149**	**328**	**505**	**511**	**604**	**605**	**605**	**609**
Incinération et combustion à l'air libre de déchets (5.C)	**290**	**349**	**173**	**158**	**150**	**170**	**160**	**147**
Traitement et rejet des eaux usées (5.D)								
Traitement et rejet des eaux usées municipales	1 430	1 740	2 180	2 200	2 180	2 260	2 320	2 390
Traitement et rejet des eaux usées industrielles	407	414	411	368	354	277	235	231

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

La méthodologie a été modifiée dans les sous-secteurs des Sites d'enfouissement (TCD 5.A), du Traitement biologique des déchets (TCD 5.B), de l'Incinération et combustion à l'air libre de déchets (TCD 5.C) et du Traitement et rejet des eaux usées municipales (TCD 5.D). Les modifications des émissions de GES découlant des méthodes révisées et des recalculs en raison des données sur les activités mises à jour se trouvent dans le Tableau 7–2. Les descriptions détaillées des changements méthodologiques et des mises à jour des données sur les activités figurent dans la section consacrée aux recalculs pour chaque catégorie de source dans ce chapitre et dans le Chapitre 8.

Tableau 7–2 **Sommaire des recalculs pour le secteur des Déchets, certaines années**

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO_2)							
		1990	2005	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sites d'enfouissement (5.A)									
Soumission précédente (RIN 2024)		19 100	20 800	20 100	20 200	19 700	19 600	19 700	19 700
Soumission actuelle (RIN 2025)		19 000	20 700	19 700	19 700	19 800	19 900	19 800	19 600
Changement dans les émissions	(kt)	-126	-103	-373	-479	73	301	83	-56
	(%)	-1 %	0 %	-2 %	-2 %	0 %	2 %	0 %	0 %
Traitement biologique des déchets solides (5.B)									
Soumission précédente (RIN 2024)		81	243	376	379	384	504	504	503
Soumission actuelle (RIN 2025)		149	328	500	505	511	604	605	605
Changement dans les émissions	(kt)	0,0	84,2	124,0	126,0	127,0	99,8	101,0	103,0
	(%)	0 %	35 %	33 %	33 %	33 %	20 %	20 %	20 %
Incinération et combustion à l'air libre de déchets (5.C)									
Soumission précédente (RIN 2024)		262	345	170	169	154	145	166	156
Soumission actuelle (RIN 2025)		290	349	175	173	158	150	170	160
Changement dans les émissions	(kt)	28,0	4,2	4,9	4,4	4,6	4,4	4,5	4,5
	(%)	11 %	1 %	3 %	3 %	3 %	3 %	3 %	3 %
Traitement et rejet des eaux usées (5.D)									
Soumission précédente (RIN 2024)		1 900	2 220	2 690	2 650	2 630	2 600	2 600	2 630
Soumission actuelle (RIN 2025)		1 830	2 150	2 630	2 590	2 570	2 530	2 530	2 560
Changement dans les émissions	(kt)	-67,5	-65,1	-60	-60	-65	-68	-69	-69
	(%)	-4 %	-3 %	-2 %	-2 %	-2 %	-3 %	-3 %	-3 %

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

7.2. Sites d'enfouissement municipaux (catégorie 5.A.1 des TCD)

7.2.1. Description de la catégorie

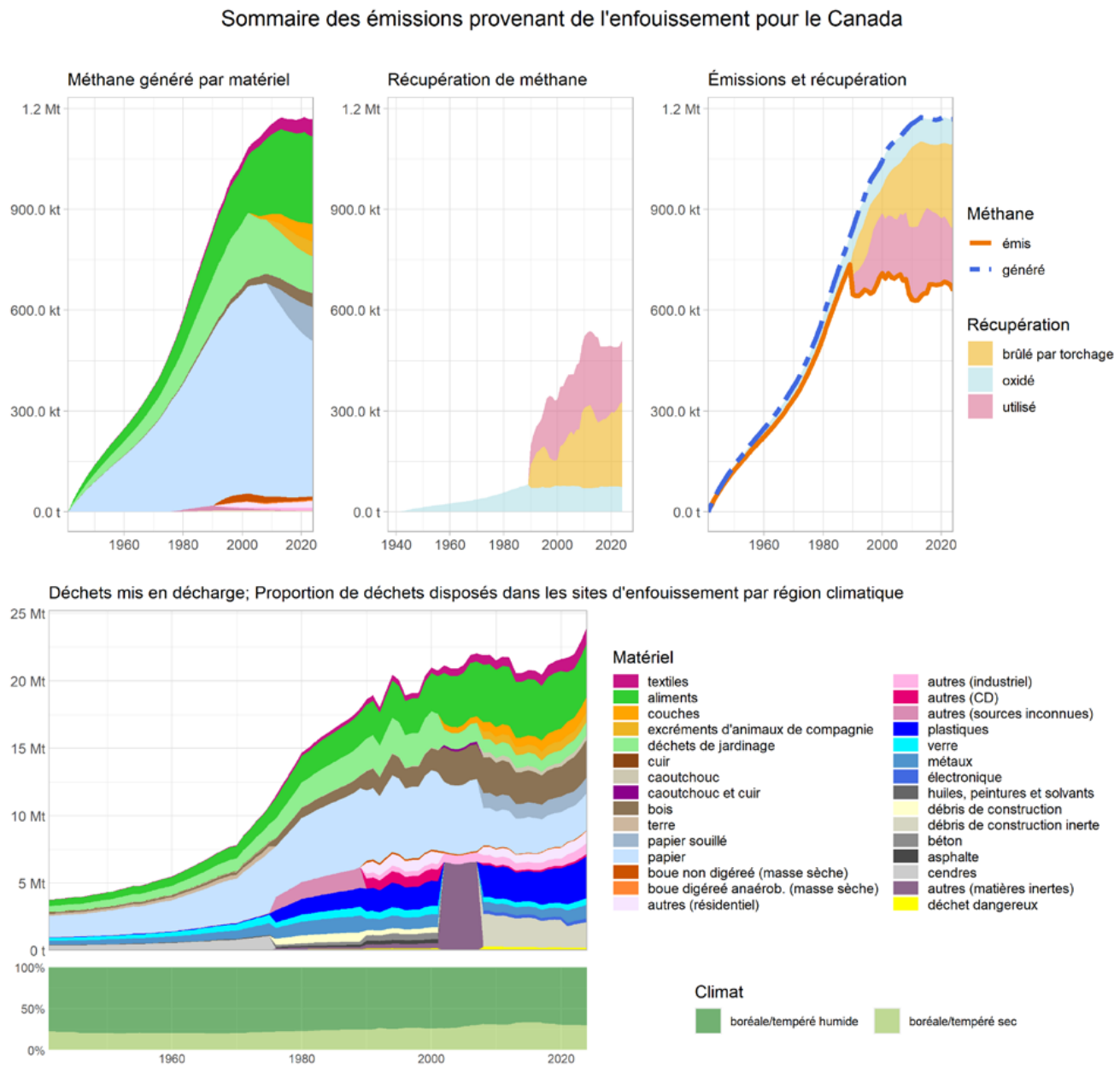
La catégorie d'émissions des Sites d'enfouissement comprend les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (DSM) et les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels. Les DSM comprennent les déchets du secteur Résidentiel, du secteur Industriel, commercial et institutionnel (ICI), et du secteur de la Construction et de la démolition, ainsi que les boues provenant des eaux usées dans les sites d'enfouissement. La plupart des déchets enfouis au Canada appartiennent à la catégorie des DSM. En revanche, les déchets de bois industriels (c.-à-d. les déchets des scieries, de la production de pâtes et papiers et d'autres procédés de l'industrie forestière) sont souvent déposés dans de petits sites d'enfouissement à l'installation d'origine ou à proximité. En raison de la composition unique des déchets (c.-à-d. bois et résidus de l'industrie du bois) et des emplacements et pratiques distincts des sites d'enfouissement de déchets de bois, les émissions découlant des déchets de bois industriels sont déclarées comme une catégorie séparée des Sites d'enfouissement municipaux (section 7.3).

Au Canada, la plupart des DSM sont éliminés dans des sites d'enfouissement municipaux gérés. Il n'existe que peu de sites d'enfouissement qui ne sont pas gérés, voire aucun. Les provinces et les territoires réglementent l'élimination des DSM, mais ce sont généralement les autorités municipales et régionales qui la gèrent. Même si la réglementation varie d'un bout à l'autre du pays, les couvertures des sites d'enfouissement et la mise en place du captage des gaz d'enfouissement sont des exigences réglementaires communes dans les grands sites. En outre, bon nombre de provinces mettent en œuvre des cibles de réduction de certains déchets comme l'interdiction d'enfouir les déchets organiques, ou des objectifs en matière de production de déchets par habitant, quand ces mesures ne sont pas déjà en place.

Les sites d'enfouissement de DSM constituent les principaux contributeurs aux émissions du secteur des Déchets, comptant pour environ 82 % des émissions dans ce secteur (Tableau 7–1). Les émissions attribuables à l'élimination des déchets proviennent de la décomposition anaérobie des déchets organiques enfouis dans les sites d'enfouissement. Bien que du CO_2 soit également produit, il est d'origine biogénique et n'est donc pas déclaré comme faisant partie des émissions totales du secteur des Déchets. Les émissions de N_2O sont considérées comme étant négligeables.

Les principaux facteurs qui influent sur les émissions des sites d'enfouissement de DSM au fil du temps comprennent la quantité de déchets enfouis et les pratiques de récupération du méthane (Figure 7–1). Les quantités de déchets enfouis ont augmenté de façon constante au fil du temps en raison de la croissance démographique et de changements dans la production de déchets par habitant, passant de moins de 5 Mt/an de déchets enfouis avant 1960 à environ 20 Mt/an en 1990, quantités demeurées relativement stables à environ 25 Mt/an depuis le début des années 2000. La quantité de méthane récupéré a augmenté depuis le début des années 1990 : 130 kt de CH_4 ont été récupérées (torchées et utilisées) en 1990, environ 330 kt en 2005, et environ 450 kt/an de façon constante depuis 2010. La composition des déchets représente un autre facteur qui influe sur les émissions, car les changements à la composition globale des déchets font varier le potentiel de production globale de méthane et les taux de décomposition. Par exemple, les changements dans la composition des déchets et la contribution de chaque type de matière au méthane généré dans les sites d'enfouissement sont montrés à la Figure 7–1.

Figure 7–1 **Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement municipaux, méthane produit (par matériau source), récupéré et rejeté**



7.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions provenant des sites d'enfouissement au Canada sont estimées à l'aide de la méthode de décomposition de premier ordre des *Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC] pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), avec les paramètres de Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). La même méthodologie est utilisée pour les sites d'enfouissement des DSM et les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (dont il est question à la section 7.3.2), mais avec d'autres paramètres. Les émissions des sites d'enfouissement sont modélisées comme si elles provenaient d'un seul site d'enfouissement générique de déchets rejetés dans chaque zone climatique (boréale ou tempérée humide et sèche), pour chaque province et territoire.

Les gaz d'enfouissement, composés essentiellement de CH_4 et de CO_2, sont produits par la décomposition anaérobie des déchets organiques. Le processus de décomposition commence généralement de 10 à 50 jours après l'arrivée des déchets dans le site d'enfouissement. Même si la majorité du CH_4 et du CO_2 est émise durant les 20 années suivant l'enfouissement, les émissions peuvent se poursuivre pendant un siècle ou plus (Levelton, 1991).

Il n'existe actuellement aucune source constante de données sur la quantité de déchets enfouis au fil du temps. Au lieu de cela, la quantité totale de déchets éliminés (enfouis, exportés ou incinérés) dans chaque province sert de base au calcul des émissions. Il existe des données sur la quantité de déchets exportés et incinérés, donc elles sont utilisées pour calculer la quantité de déchets enfouis.

Dans un site d'enfouissement, plusieurs facteurs contribuent à la production de gaz. Les plus importants sont le degré d'anaérobie du site d'enfouissement, la composition des déchets (en particulier, la teneur en carbone et la dégradabilité) et l'humidité (le principal facteur limitant les taux de décomposition). Bien que plusieurs autres facteurs influent sur la production de CH_4 dans les sites d'enfouissement, comme le pH et la présence d'éléments nutritifs, ils ne sont pas considérés comme aussi importants que l'humidité et la composition des déchets, de sorte qu'ils ne sont pas représentés dans le modèle de décomposition de premier ordre du GIEC.

Le CH_4 produit dans un site d'enfouissement n'est pas entièrement rejeté dans l'atmosphère. En effet, une partie peut être captée par une technologie de captage des gaz d'enfouissement et oxydée dans les couvertures de sites d'enfouissement. Le captage de gaz d'enfouissement dans les sites d'enfouissement gérés est de plus en plus populaire au Canada. Le CH_4 contenu dans les gaz d'enfouissement peut servir à produire de l'électricité ou de la chaleur, ou être brûlé par torchage pour réduire le potentiel d'émission de GES.

L'oxydation du CH_4 en CO_2 par les bactéries méthanotrophes dans les couvertures des sites d'enfouissement est comptabilisée par l'utilisation d'un facteur d'oxydation appliqué aux émissions estimées générées dans la décharge, après la prise en compte du captage des gaz d'enfouissement. Chaque province ou territoire au Canada exige que les sites d'enfouissement gérés d'une certaine taille mettent quotidiennement en place du matériel de couverture pour enfouir les déchets. De plus, il existe des exigences annuelles en matière de couverture ainsi que des matières de couverture plus robustes pour les sites d'enfouissement fermés.

7.2.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le niveau d'incertitude associé aux émissions de CH_4 provenant des Sites d'enfouissement municipaux a été estimé à ± 76 % selon les valeurs par défaut se trouvant dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Le recours à des méthodes et à des données sur les activités uniformes (types et sources) garantit la cohérence de la série chronologique pour toutes les années de l'inventaire. Au besoin, des valeurs interpolées ou extrapolées sont attribuées aux lacunes dans la série chronologique des données sur les activités, certains détails comme le début de l'exploitation des installations et les dates d'installation des modes de collecte étant pris en compte. Pour plus de détails sur la préparation des données sur les activités, voir l'Annexe 3.6.

7.2.4. AQ/CQ et vérification

La procédure annuelle de contrôle de la qualité consistait à vérifier que toutes les données sur les activités et toutes les mises à jour des méthodes ont été intégrées au modèle. Les changements attendus dans les valeurs d'émissions estimatives découlant de chaque mise à jour des méthodes et des mises à jour régulières des données ont été comparés aux changements totaux réels dans les valeurs d'émissions afin de vérifier que tous les recalculs ont été bien intégrés. Les tendances dans les séries chronologiques des données sur les activités et des estimations d'émissions ont été examinées pour déceler tout changement inattendu dans les émissions à l'échelle régionale et nationale. Des vérifications régulières d'assurance de la qualité ont été réalisées, par exemple pour confirmer que les données consignées de toutes les années et de toutes les régions ont été incluses dans les estimations finales et que les valeurs totales nationales correspondent à la somme des valeurs totales régionales.

7.2.5. Recalculs

De nouvelles données sur la récupération des gaz d'enfouissement et l'élimination des déchets par l'enfouissement ont été acquises au moyen d'une enquête à participation volontaire menée par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) auprès des exploitants de sites d'enfouissement. Les données mises à jour, qui remplacent les valeurs auparavant extrapolées, comprennent à l'occasion la révision d'anciennes estimations sur la collecte de gaz d'enfouissement et de données propres aux sites en lien avec l'élimination. Les mises à jour de la récupération du méthane influent sur les estimations d'émissions nettes, calculées selon la production de méthane modélisée moins la récupération totale par province et territoire. Les plus récentes données sur le climat à long terme et l'élimination propre à chaque site ont servi à mettre à jour les estimations des proportions de déchets enfouis par zone climatique (humide, sèche) pour toutes les provinces et territoires individuellement, qui ont considérablement changé pour l'Ontario (de 7 % à 3 % de climat sec) et l'Alberta (de 100 % à 99 % de climat sec). De nouvelles données sur la caractérisation (composition) des déchets et la recompilation de cette composition dans les années récentes (de 2016 à aujourd'hui) ont entraîné des mises à jour dans les émissions des dernières années.

7.2.6. Améliorations prévues

Les possibilités d'obtenir de meilleures données sur les quantités et les types de déchets enfouis dans les provinces et territoires sont actuellement à l'étude. Une collaboration accrue avec les autorités provinciales et autres autorités régionales pourrait donner lieu à des données de meilleure qualité qui pourraient être incorporées directement dans le modèle sur les déchets ou utilisées pour vérifier les estimations actuelles. Des travaux sont en cours pour intégrer les estimations et la modélisation des émissions à l'échelle des sites.

7.3. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (compris dans la catégorie 5.A.1 des TCD)

7.3.1. Description de la catégorie

Les Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels appartiennent à des intérêts privés qui les exploitent, en gérant les déchets de l'industrie forestière produits dans les scieries et les usines de pâtes et papiers. Ces sites d'enfouissement servent à éliminer les résidus de bois excédentaires, dont la sciure, les copeaux de bois, l'écorce, la cendre et les résidus de traitement des eaux usées. Les déchets de bois éliminés au Canada proviennent de deux principales sources : l'industrie des produits en bois massif (p. ex., scieries) et l'industrie des pâtes et papiers (p. ex., fabrication de papier). L'intérêt croissant pour les projets de récupération d'énergie qui produisent de la vapeur ou de l'électricité par combustion de ces déchets a limité la quantité de déchets de bois massif éliminés dans les sites d'enfouissement de déchets de bois, car le bois résiduel est maintenant traité comme un produit à valeur ajoutée (p. ex., granules de bois pour les poêles et les chaudières à granules résidentiels et commerciaux, panneaux comprimés, panneaux de fibres et panneaux de particules).

Les sites d'enfouissement de déchets de bois englobent en général le classement, l'utilisation de couverture et la gestion de l'eau, donc ils sont déclarés comme des sites d'enfouissement gérés. Dans les émissions attribuables aux déchets, l'élimination des déchets de bois industriels y représentait 4,3 % (0,91 Mt d'éq. CO_2) en 1990, 4,4 % (1,0 Mt) en 2005 et 3,1 % (0,70 Mt) en 2024.

7.3.2. Questions de méthodologie

Comme il a été indiqué précédemment, la demande croissante pour des applications de récupération et de valorisation énergétique des déchets a permis de réduire les résidus de produits en bois massif à des quantités négligeables. Par conséquent, les résidus de déchets sont indiqués par une valeur nulle pour l'industrie des produits en bois massif à partir de 2010. En revanche, les données existantes indiquent que l'enfouissement des déchets provenant d'installations de pâtes et papiers se poursuit. Les données sur la quantité de déchets envoyés dans les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels sont limitées, de sorte qu'il faut interpoler entre les points de données. D'après les renseignements disponibles, et étant donné que les taux de production de méthane attribuable à la décomposition des déchets de bois sont habituellement inférieurs à la quantité de méthane produit par les sites d'enfouissement de DSM, il est présumé qu'aucune récupération des gaz d'enfouissement (torchage ou utilisation aux fins d'énergie) n'est effectuée aux sites d'enfouissement de déchets de bois. Voir l'Annexe 3.6 pour plus de détails sur la préparation des données sur les activités et la méthodologie du modèle.

7.3.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux émissions de CH_4 provenant des sites d'enfouissement de DSM et des sites d'enfouissement de déchets de bois a été estimée à environ 76 % pour le CH_4. Le recours à des méthodes et à des données sur les activités uniformes (types et sources) garantit la cohérence de la série chronologique pour toutes les années de l'inventaire. Au besoin, des valeurs interpolées ou extrapolées sont attribuées aux lacunes dans la série chronologique des données sur les activités.

7.3.4. AQ/CQ et vérification

Le processus de contrôle qualité consistait à vérifier les données d'entrée du modèle pour faire en sorte que toutes les mises à jour des données sur les activités avaient eu lieu et qu'elles concordaient avec les sources originales. Une comparaison entre les valeurs estimatives recalculées et celles de l'ancienne soumission a servi à vérifier la cohérence et à relever toute modification importante non justifiée pouvant indiquer une erreur. Un examen (numérique et visuel) de la série chronologique des émissions a servi à évaluer les tendances des estimations.

7.3.5. Recalculs

Auparavant, les résidus de pâtes et papiers antérieurs étaient estimés selon des sources de données couvrant une période de 1981 à aujourd'hui (et supposés constants avant 1981). Toutefois, de nouvelles sources de données sur les quantités antérieures de résidus de pâtes et papiers ont été trouvées pour toute la série chronologique utilisée dans le modèle des sites d'enfouissement (c.-à-d. de 1941 à aujourd'hui). En tant que telles, ces sources remplacent les données sur les activités préalablement extrapolées. Plus de détails sur les nouvelles sources de données se trouvent à l'Annexe 3.6.

7.3.6. Améliorations prévues

Les valeurs d'entrée du modèle utilisées pour la composante de l'industrie du bois massif du secteur des déchets de bois industriels sont à l'étude.

7.4. Traitement biologique des déchets solides (catégorie 5.B des TCD)

7.4.1. Description de la catégorie

Cette catégorie de sources inclut les émissions provenant du compostage et de la digestion anaérobie dans les installations de biogaz et le compostage des déchets résidentiels. De nombreuses municipalités canadiennes recourent à des installations de compostage centralisées, et certaines mettent en place des installations centrales de traitement anaérobie pour réduire la quantité de matière organique destinée à l'enfouissement. En outre, plusieurs municipalités au Canada envisagent d'interdire ou interdisent déjà l'enfouissement des déchets organiques dans leur territoire afin de favoriser le réacheminement de ces déchets à un traitement biologique. Ces pratiques ont contribué à la grande augmentation de la quantité de déchets organiques réacheminés au Canada depuis 1990.

Les émissions de GES du compostage sont influencées notamment par le climat, la teneur en humidité et la composition des déchets, et par la capacité de maintenir des conditions propices à la décomposition anaérobie. La digestion anaérobie des déchets organiques accélère le processus naturel de décomposition, sans oxygène, des matières organiques en maintenant les conditions optimales pour le processus. Les deux types de traitement biologique émettent du CO_2, du CH_4 et du N_2O. Toutefois, les émissions de CO_2 ne sont pas incluses dans le total de l'inventaire national, car le carbone, considéré comme étant biogène, est comptabilisé dans le secteur de l'Agriculture, de la foresterie et autres affectations des terres (AFAAT) (GIEC, 2006).

En 2024, la catégorie du Traitement biologique des déchets solides a émis 610 kt d'éq. CO_2, ou 2,7 % des émissions totales du secteur des Déchets et 0,09 % des émissions totales au Canada. Les émissions découlant de cette catégorie pour l'année en cours ont augmenté de 460 kt (310 %) en comparaison avec 1990, et de 280 kt (86 %) en comparaison avec 2005.

7.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CH_4 et de N_2O provenant du traitement biologique des déchets dans les installations canadiennes sont estimées au moyen d'une méthode de Niveau 3. Il existe des données à l'échelle des installations pour celles de digestion anaérobie et de compostage au Canada. Ces données ont été recueillies auprès d'associations industrielles, dans des recherches documentaires en ligne et des rapports annuels, ainsi que dans le cadre d'autres contrats internes menés par ECCC. Les émissions provenant du compostage sont calculées en fonction du type de déchets acceptés en tonnes

humides à l'échelle des installations au Canada. Les coefficients d'émission par type de déchets ont été établis par un examen de la documentation compilant des données de sources primaires (ECCC, 2020a). En plus des données à l'échelle des installations, les estimations des émissions du compostage résidentiel des déchets organiques se sont basées sur des méthodes de Niveau 1 du GIEC.

Dans la catégorie du Traitement biologique des déchets solides, les émissions de la digestion anaérobie sont calculées pour les installations industrielles et municipales. Elles sont calculées comme étant le pourcentage de CH_4 perdu à partir du biogaz total produit au niveau des installations. Ce pourcentage a été établi à partir de la littérature primaire ou des observations à l'échelle des installations et compilé au moyen d'un examen de la littérature (ECCC, 2020b). Il existe certaines lacunes dans les données sur les activités pour le compostage et la digestion anaérobie, notamment l'absence de données sur le compostage avant 1992. Dans le but de combler des lacunes au début de la série chronologique, le premier point de données existant a été reporté à 1990 pour les installations connues comme étant en activité à ce moment-là. En ce qui concerne les lacunes dans les portions ultérieures de la série, le dernier point de données existant a été reporté au prochain point de données existant. Pour la digestion anaérobie, il n'y avait aucune installation dans les secteurs industriel et municipal en activité en 1990. Par conséquent, le premier point de données existant pour l'installation a été reporté à son année d'ouverture, et il a été reporté jusqu'au point de données existant suivant pour l'installation. Dans le but de vérifier les périodes d'activité des installations, un examen a été effectué sur l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets de Statistique Canada : secteur des entreprises et des administrations publiques (Statistique Canada, s.d. [b]), qui comprend les quantités de déchets réacheminés vers les installations de compostage et de digestion anaérobie. D'autres travaux auront lieu en vue de déterminer dans les cycles à venir si ces installations sont en activité ou non.

7.4.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes combinées pour les émissions de CH_4 et de N_2O provenant du compostage et de la digestion anaérobie ont été calculées en fonction du type de déchets pour le compostage et du pourcentage de perte fugitive pour le CH_4 pour la digestion anaérobie. L'incertitude varie de ± 176 % à ± 99 % pour le CH_4 et de ± 136 % à ± 65 % pour le N_2O, selon le type de déchets pour le compostage et ± 79 % pour le CH_4 pour la perte fugitive liée à la digestion anaérobie. Ces données sont fondées sur les coefficients d'émission recueillis et compilés dans une analyse de la littérature. L'incertitude des données sur les activités n'a pas été calculée, puisque les données proviennent des installations.

7.4.4. AQ/CQ et vérification

Le processus de contrôle de la qualité pour la catégorie du Traitement biologique des déchets solides consistait à inspecter visuellement les données sur les activités et à comparer celles-ci avec les valeurs précédentes; à vérifier les calculs selon des étapes prescrites pour s'assurer que les équations, les paramètres et les conversions des unités étaient utilisés de façon appropriée et que les liens étaient valides; à examiner les coefficients d'émissions employés; à inspecter les séries chronologiques d'estimation des émissions. Les émissions étaient représentées sur un graphique pour montrer les tendances et permettre de déceler les sauts inhabituels ou les profils incohérents par rapport aux variations des données sur les activités au fil du temps. Les valeurs estimatives recalculées sont comparées aux valeurs de la soumission précédente; une comparaison a été faite entre les changements observés d'une année à l'autre dans la série chronologique pour détecter les changements importants non étayés qui peuvent indiquer une erreur de traitement des données.

7.4.5. Recalculs

Pour la première fois dans la présente édition de l'inventaire, les émissions de gaz à effet de serre issues du compostage résidentiel des déchets organiques sont incluses. Ces émissions sont calculées selon des méthodes de Niveau 1 du GIEC à l'aide de la quantité de déchets résidentiels jetés dans des bacs ou des tas de compost extérieurs, associée aux coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O tirées de la documentation. Plus de détails sur les calculs servant à estimer les émissions se trouvent dans l'Annexe 3.6. En ce qui a trait aux installations de digestion anaérobique industrielles et municipales, des recalculs ont eu lieu à l'échelle des installations, ce qui influe sur les émissions à partir de 2021.

7.4.6. Améliorations prévues

Les possibilités d'obtention de données améliorées sur les quantités de déchets compostés ou digérés en anaérobie dans les provinces et les territoires sont toujours à l'étude. Une collaboration accrue avec les autorités provinciales et régionales pourrait donner lieu à un ensemble de données plus complet et à des données de meilleure qualité, qui pourraient être utilisées pour améliorer ou vérifier les estimations actuelles des émissions.

7.5. Incinération et combustion à l'air libre de déchets (catégorie 5.C des TCD)

7.5.1. Description de la catégorie

Cette catégorie comprend les émissions provenant de l'incinération et de la combustion à l'air libre des déchets. À l'heure actuelle, 28 incinérateurs sont en activité au Canada. Les incinérateurs sont classés selon la source de leur principale matière première : DSM, déchets dangereux, boues d'épuration ou déchets cliniques. Certaines municipalités du Canada utilisent des incinérateurs pour réduire la quantité de DSM expédiés vers les sites d'enfouissement et pour réduire la quantité des boues d'épuration qui doivent être épandues sur le sol. L'incinération peut également être utilisée pour la récupération d'énergie à partir des déchets, et les émissions de ces installations sont déclarées dans le secteur de l'Énergie. Les émissions de GES provenant de la combustion à l'air libre des déchets en milieu résidentiel font partie de cette catégorie.

Les émissions provenant de l'incinération des déchets comprennent les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les émissions de CO_2 provenant de la combustion de déchets de biomasse ne sont pas incluses dans les totaux de l'inventaire. Les seules émissions de CO_2 décrites dans cette section proviennent des déchets de carbone à base de combustibles fossiles, comme les plastiques, le caoutchouc, les matières inorganiques et les liquides fossiles. Les émissions de CH_4 et de N_2O sont estimées à partir de tous les déchets incinérés.

Les émissions de GES provenant des incinérateurs varient selon la quantité de déchets incinérés, la composition des déchets, la teneur en carbone des déchets autres que la biomasse et les conditions d'exploitation des usines. Les émissions sont estimées d'après les quantités de déchets incinérés fournies directement par les installations dans une série d'enquêtes menées par ECCC, ainsi que d'autres rapports fournissant les quantités de déchets cliniques incinérés pour les premières années de la série chronologique (Chandler, 2006 ; Sawell, 1996 ; RWDI AIR Inc., 2014).

L'incinération des DSM n'est pas une pratique courante dans la plupart des régions du Canada. Dans les années 1990, environ 5 % du total des DSM du Canada étaient incinérés, principalement dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Depuis les années 2000, seulement environ 3 à 4 % des DSM totaux au Canada ont été incinérés. La grande majorité des DSM incinérés au Canada sont traités dans de grandes installations hautement réglementées. Cependant, un petit nombre de collectivités éloignées dépendent encore d'incinérateurs rudimentaires pour l'élimination de leurs DSM. À l'heure actuelle, quatre incinérateurs en activité au Canada sont classés comme des incinérateurs de déchets dangereux, tous situés en Ontario et en Alberta. Il existe deux types différents d'incinérateurs de boues d'épuration au Canada, soit les incinérateurs à soles étagées et les incinérateurs à lit fluidisé. Pour les deux types d'incinérateurs, les boues d'épuration sont partiellement déshydratées avant d'être incinérées. La déshydratation se fait généralement par centrifugation ou par filtre-presse. Quant aux incinérateurs de déchets cliniques au Canada, il y en a actuellement un grand centralisé, les autres étant petits et en milieu hospitalier ou exploités par le gouvernement fédéral.

La catégorie Incinération et combustion à l'air libre des déchets a produit 147 kt d'éq. CO_2 (0,65 %) des émissions totales du secteur des Déchets, ou 0,02 % des émissions totales du Canada en 2024. Les émissions de cette catégorie sont de 49 % inférieures à celles de 1990, qui étaient de 290 kt d'éq. CO_2, et de 58 % inférieures à celles de 2005, soit 349 kt d'éq. CO_2.

7.5.2. Questions de méthodologie

La méthode d'estimation des émissions dépend du type de déchets incinérés et des gaz émis. L'Annexe 3.6 présente une analyse plus détaillée des méthodologies utilisées.

Étant donné le nombre relativement petit d'incinérateurs au Canada, il est possible d'estimer les émissions provenant de l'incinération à l'échelle de l'installation. Les installations qui émettent plus de 10 kt d'éq. CO_2 par année sont tenues de déclarer leurs émissions à ECCC chaque année dans le cadre du Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre (PDGES). Ces données accessibles au public représentent une partie significative des émissions de ce secteur.

Les estimations pour les petites installations qui ne sont pas tenues de présenter une déclaration au PDGES sont générées par ECCC à l'aide d'une méthodologie de Niveau 3 et des données sur les activités provenant d'un sondage biennal sur les incinérateurs dans tout le Canada. Les estimations sont également étayées par les émissions historiques des installations qui étaient en exploitation avant la mise en place du PDGES en 2004. Ces installations comprennent celles actuellement en exploitation qui l'étaient aussi avant 2004 et celles qui ont fermé avant le début du programme.

Les estimations d'ECCC sont calculées à l'aide des valeurs par défaut du GIEC pour la teneur en carbone des déchets et le carbone fossile en tant que pourcentage du carbone total (GIEC, 2006). Les émissions de N_2O et de CH_4 sont estimées en fonction du type de déchets incinérés ainsi que de la technologie d'incinération propre à l'installation. Les coefficients par défaut du GIEC ont été utilisés pour toutes les catégories de déchets, sauf pour les déchets dangereux, pour lesquels les coefficients d'émission ont été calculés à l'aide des données propres au site des installations, données considérées comme plus représentatives que les valeurs par défaut du GIEC. Comme les Lignes directrices 2006 du GIEC ne contiennent pas de coefficients d'émission par défaut pour l'incinération des déchets cliniques, les coefficients d'émission par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC pour l'incinération des DSM y ont été appliqués conformément aux Recommandations 2000 du GIEC en matière de bonnes pratiques.

Une distinction est faite entre les installations de valorisation énergétique des déchets (VED) et les installations qui ne produisent pas d'énergie à partir des déchets, selon qu'elles produisent ou non de l'énergie ou de la chaleur à partir du processus d'incinération. Les émissions des installations VED sont déclarées dans le secteur de l'énergie, tandis que celles des installations qui ne produisent pas d'énergie à partir des déchets sont déclarées dans le secteur des déchets.

Les émissions provenant de la combustion à l'air libre des déchets sont estimées à partir des données d'enquêtes et de population et selon les méthodes d'estimation de Niveau 1 du GIEC. Les données d'enquêtes servant au calcul représentent les meilleures données existantes, mais certaines sources nécessitent peut-être des mises à jour périodiques pour refléter les pratiques récentes en incinération des déchets.

7.5.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les valeurs par défaut du GIEC sont utilisées pour quantifier l'incertitude dans le secteur de l'incinération et de la combustion à l'air libre. L'incertitude des données sur les activités est de ± 5 %, tandis que les incertitudes liées aux coefficients d'émission de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont respectivement de ± 35 %, de ± 97 % et de ± 90 %.

7.5.4. AQ/CQ et vérification

Le processus de contrôle de la qualité consistait à vérifier dans le modèle que toutes les données sur les activités avaient été mises à jour, que tous les liens étaient valides et que les cellules visées par ces liens étaient remplies. Les valeurs d'estimations recalculées ont été comparées aux valeurs du rapport précédent, et une comparaison des changements observés d'une année à l'autre dans la série chronologique a été faite pour détecter les changements significatifs non étayés qui pourraient indiquer une erreur de manipulation des données. La tendance des émissions a été examinée sur l'ensemble de la série chronologique.

7.5.5. Recalculs

Les données existantes sur les émissions de GES déclarées au PDGES ont été utilisées, sauf dans le cas des installations n'ayant rien déclaré au PDGES, pour lesquelles les données issues des enquêtes de ECCC et de rapports en ligne ont été utilisées. La dernière enquête a eu lieu en 2024 et de nouvelles informations tirées de rapports en ligne ont été ajoutées en 2025, ce qui a entraîné des révisions aux données sur les activités pour plusieurs installations.

Pour la première fois dans la présente édition de l'inventaire, les émissions de GES imputables à l'incinération des déchets résidentiels sont incluses. Plus de détails sur les calculs servant à estimer les émissions se trouvent dans l'Annexe 3.6.

7.5.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue à l'heure actuelle pour cette catégorie.

7.6. Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D des TCD)

7.6.1. Description de la catégorie

La catégorie Traitement et rejet des eaux usées comprend les réseaux de Traitement des eaux usées municipales et le Traitement des eaux usées industrielles. Au Canada, la majeure partie des eaux usées de sources résidentielles et industrielles est traitée dans des usines centralisées de traitement des eaux usées municipales. Les eaux usées peuvent également être traitées dans des fosses septiques privées et parfois communautaires, notamment dans les zones rurales; ces cas sont inclus dans la catégorie des eaux usées municipales. Dans certaines régions côtières, les eaux usées non traitées sont rejetées directement à la mer, mais cette pratique a diminué au cours des dernières décennies par suite de l'achèvement de projets d'infrastructure majeurs de traitement des eaux usées. La plupart des installations industrielles rejettent leurs eaux usées dans les réseaux de traitement municipaux, où elles sont traitées avec les eaux usées domestiques.

La catégorie Traitement et rejet des eaux usées industrielles englobe les installations industrielles majeures qui traitent ou prétraitent leurs eaux usées sur place avant de les rejeter dans l'environnement ou dans les réseaux de traitement des eaux usées municipales pour qu'elles y subissent un autre traitement.

Le traitement des eaux usées nécessite l'élimination des matières organiques, mesurée comme la demande biologique en oxygène, ou DBO5, et des éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore. Le traitement entraîne l'émission de CO_2, de CH_4 et de N_2O.

Les systèmes de traitement centralisés peuvent englober plusieurs technologies, souvent classées selon la méthode d'élimination des matières organiques et des éléments nutritifs, à savoir s'il s'agit de précipitation (traitement primaire) ou d'une activité microbienne permettant de décomposer les matières organiques et les éléments nutritifs des eaux usées (traitement secondaire). Le traitement tertiaire consiste en une filtration et en une désinfection.

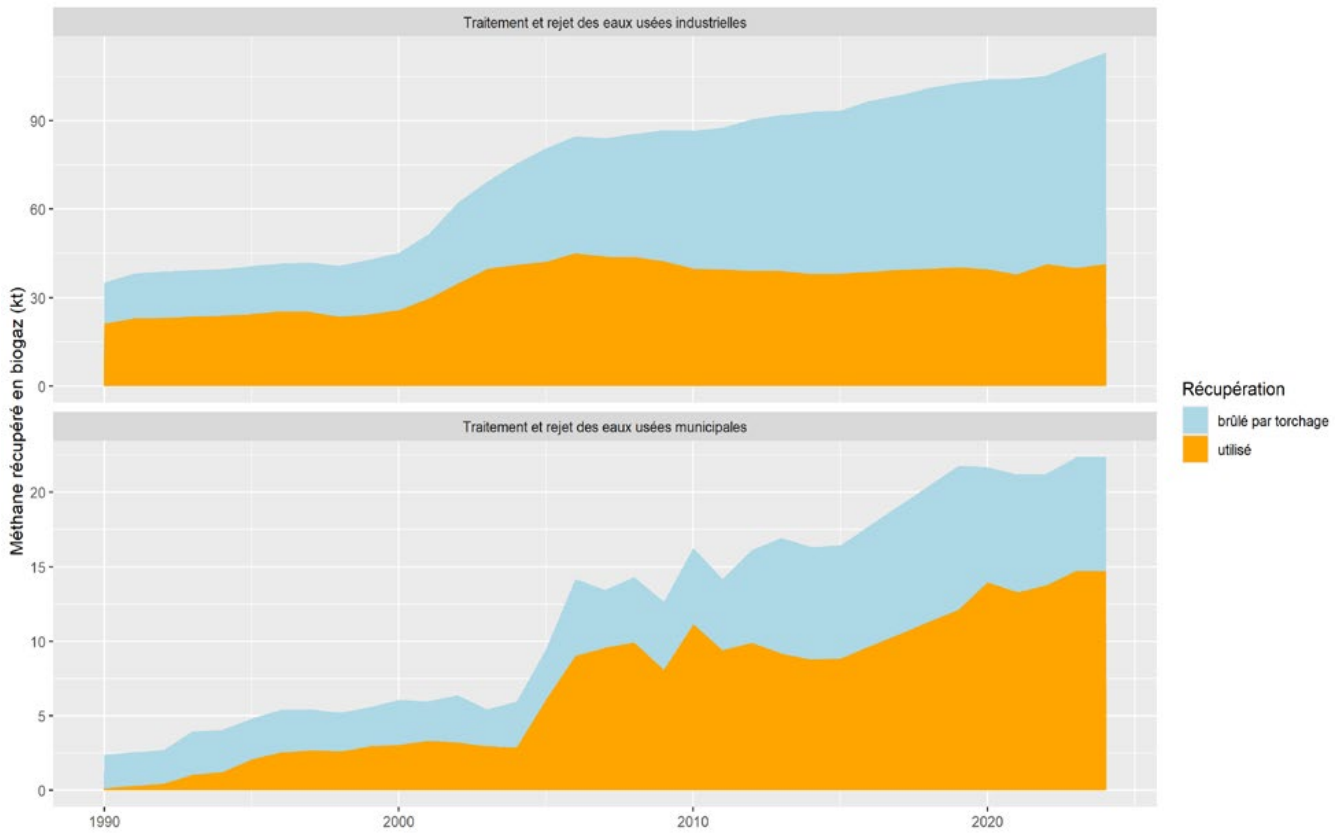
Les types de systèmes de traitement des eaux usées les plus courants au Canada sont les systèmes de traitement primaire, les systèmes de traitement secondaire avec boues activées et les fosses septiques privées. Les lagunes aérobies, les lagunes facultatives, les systèmes de traitement en terres humides, les réacteurs discontinus séquentiels, les disques biologiques, les lits bactériens et les filtrations sur membranes sont d'autres types de traitements courants utilisés au Canada. Bon nombre des plus grands systèmes au Canada font appel à un traitement secondaire avec boues activées et à un traitement tertiaire.

Le traitement des eaux usées produit du CH_4 en quantités variables selon la charge organique (DBO5), déterminée par la population, et le type de traitement. Certains aspects des systèmes de traitement anaérobie produisent du CH_4, qu'il s'agisse de procédés, d'étapes ou de milieux. Par exemple, les étangs de traitement primaire et secondaire et les lagunes aérobies produisent peu ou pas d'émissions de CH_4, tandis que les étapes anaérobies dans les réacteurs discontinus séquentiels, les lagunes anaérobies et les fosses septiques en produisent des quantités relativement plus élevées. Les lagunes facultatives qui ont à la fois des couches naturellement aérées et des couches anaérobies en produisent, mais moins qu'une lagune complètement anaérobie.

Les usines centralisées de traitement des eaux usées municipales font souvent appel à une digestion anaérobie des boues, laquelle produit du CH_4 sous forme de biogaz ou de gaz digesteurs. Le CH_4 généré dans ces systèmes est généralement confiné et brûlé, une proportion croissante de CH_4 étant utilisée pour l'énergie (Figure 7–2). Les industries qui traitent leurs eaux usées sur place au Canada emploient relativement plus souvent la technologie de traitement anaérobie, dans laquelle le méthane dégagé par le traitement en tant que tel est recueilli et utilisé comme source d'énergie (Figure 7–2).

Tout le méthane récupéré du traitement des eaux usées municipales provient de la récupération des biogaz produits par la digestion anaérobie des boues, tandis que tout le méthane récupéré du traitement des eaux usées industrielles provient du processus de traitement.

Figure 7–2 **Méthane récupéré du traitement et du rejet des eaux usées**



Le traitement des eaux usées produit du N_2O par la nitrification et la dénitrification de l'azote des eaux usées aux installations de traitement. Les émissions de N_2O sont considérées provenir également du plan d'eau récepteur des effluents déversés, que ces effluents soient traités ou non.

De plus, les systèmes de traitement aérobie et anaérobie produisent du CO_2. Comme il est précisé à la section 7.1, les émissions de CO_2 provenant de la décomposition de la matière organique d'origine biologique ne sont pas comprises dans le total des émissions nationales du secteur des Déchets. Les émissions de CO_2 provenant de matières organiques d'origine fossile, comme le méthanol ou les produits organiques issus de la fabrication de produits chimiques ou du raffinage du pétrole, sont comprises dans les totaux du secteur des Déchets.

La catégorie Traitement et rejet des eaux usées a produit 2 600 kt d'éq. CO_2, soit 12 % des émissions totales du secteur des Déchets en 2024. En 2024, les émissions de cette catégorie étaient de 790 kt d'éq. CO_2 (43 %) supérieures à celles de 1990 (1 800 kt), et de 470 kt d'éq. CO_2 supérieures à celles de 2005 (2 200 kt).

Les émissions produites par le traitement des eaux usées affichent une tendance à la hausse au fil du temps qui suit à peu près la croissance démographique. Les changements dans la technologie de traitement ont des répercussions sur les tendances des émissions à l'échelle provinciale. Par exemple, le pourcentage croissant de la population qui utilise des fosses septiques dans plusieurs provinces entraîne une augmentation des émissions totales (les fosses septiques ayant un coefficient d'émission relativement élevé). En revanche, la modernisation récente de plusieurs grands systèmes de traitement des eaux usées a remplacé les rejets en mer non traités par le traitement primaire et secondaire, ce qui a réduit les émissions totales dans d'autres provinces (les réductions d'émissions provenant du plan d'eau récepteur sont supérieures aux émissions s'ajoutant à cause du nouveau traitement). Dans l'ensemble, la tendance à la hausse des émissions est constante, sauf pour une légère accélération en 2010 et 2011, en grande partie en raison d'une augmentation de la population qui aurait utilisé des fosses septiques dans de nombreuses provinces à cette période. Dans l'ensemble, la croissance démographique est le facteur le plus important dans la tendance des émissions du Traitement et rejet des eaux usées. Cette importance s'explique en partie par l'hypothèse d'une charge de matières organiques constante par habitant (DBO5) et d'une consommation raisonnablement stable de protéines par habitant (passant de 66,17 g par personne par jour en 1991 à 69,85 g par personne par jour en 2009, les données les plus anciennes et les plus récentes) (Statistique Canada, 2009).

7.6.2. Questions de méthodologie

Les émissions du Traitement des eaux usées sont estimées à trois étapes du processus : le traitement, les effluents rejetés vers les plans d'eau récepteurs et, le cas échéant, les effluents en provenance de la digestion anaérobie des boues d'épuration.

Bien que les processus générant des émissions soient les mêmes pour le Traitement des eaux usées municipales et le Traitement des eaux usées industrielles, les méthodes diffèrent selon le type de données existantes. Dans les deux cas, les estimations sont calculées par usine et agrégées pour quantifier les totaux par province et territoire. Les méthodes suivent les Lignes directrices 2006 du GIEC et la Révision 2019 des Lignes directrices du GIEC, les paramètres du modèle étant basés sur des renseignements supplémentaires (AECOM [2011] et Envirosim [2019]). L'Annexe 3.6 donne de plus amples renseignements sur les méthodes employées pour estimer les émissions du Traitement des eaux usées municipales et du Traitement des eaux usées industrielles.

Traitement des eaux usées municipales

Les estimations d'émissions provenant du Traitement des eaux usées municipales sont fondées sur la population desservie par chaque technologie de traitement et l'apport par habitant de matière organique (mesurée comme la DBO5) et d'azote (N). La population desservie chaque année par chacun des plus de 3 000 réseaux de traitement ou de rejet des eaux usées au Canada est estimée en fonction d'une analyse spatiale, qui prend en compte la population régionale et les volumes régionaux relatifs d'eaux usées traitées par chaque installation ou réseau (ou rejetées par ceux-ci), et ce, au niveau de la division de recensement et de la région métropolitaine de recensement. La population reliée à des fosses septiques privées est estimée selon une analyse de l'Enquête sur les ménages et l'environnement de Statistique Canada (Statistique Canada. s.d.[c]).

Les émissions de CH_4 et de N_2O provenant du traitement sont basées respectivement sur les apports en DBO5 et en N, de même que sur les coefficients d'émission en fonction de la technologique de traitement. Ces derniers proviennent des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et de la Révision 2019 (GIEC, 2019), à quelques exceptions près pour les types de traitement absents des Lignes directrices.

En ce qui a trait à l'efficacité du traitement (taux d'absorption), des paramètres propres à la technologie de traitement servent à estimer la DBO5 et le N rejetés vers les plans d'eau récepteurs avec l'effluent. Les émissions de CH_4 et de N_2O provenant du plan d'eau récepteur sont basées sur la DBO5 et le N rejetés avec l'effluent et les coefficients d'émission en fonction du type de plan d'eau et de son état eutrophe.

Des paramètres propres à la technologie servent à estimer la quantité de boue produite et la masse volatile des matières en suspension dans celle-ci. Si l'usine effectue la digestion de la boue sur place, les émissions sont estimées selon la quantité de boue et ses caractéristiques, et le devenir du biogaz (torché, utilisé ou évacué). Là où les données sur la production de biogaz déclarée par les installations et son devenir existent, elles sont utilisées.

Traitement des eaux usées industrielles

Les apports organiques (DBO5) et en N au traitement des eaux usées industrielles varient énormément d'une industrie à l'autre et d'une usine à l'autre selon la production et les pratiques. Les estimations d'émissions pour le traitement des eaux usées industrielles sont basées sur les données déclarées par les installations. Trois sources de données sont utilisées : les émissions déclarées au PDGES, les quantités de N rejetées avec l'effluent déclarées à l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) (estimations d'émissions calculées à l'aide des coefficients d'émission), et la récupération des émissions (dont le méthane) déclarée dans les enquêtes à participation volontaire d'ECCC.

Les émissions provenant du plan d'eau récepteur se basent sur la DBO5 et le N estimés dans l'effluent et les coefficients d'émission. Les émissions de CH_4 sont une fonction du type de plan d'eau récepteur (lac, rivière, océan).

7.6.3. Évaluation du degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée à la catégorie Traitement et rejet des eaux usées municipales a été estimée à ± 55 % pour le CH_4 et à ± 51 % pour le N_2O, d'après les incertitudes par défaut du GIEC (2006). Quant au Traitement et rejet des eaux usées industrielles, l'incertitude qui y est associée est basée sur les émissions déclarées par les installations ; elle a été estimée comme étant l'écart-type de part et d'autre de la moyenne à un intervalle de confiance de 95 %. Ainsi, l'incertitude estimée se chiffre à 790 % en 2005 et à 345 % en 2023 pour les émissions de CH_4, à 269 % en 2005 et à 360 % en 2023 pour les émissions de CO_2, et à 265 % en 2005 et à 279 % en 2023 pour le N_2O.

Le recours à des méthodes et à des données sur les activités uniformes (types et sources) garantit la cohérence de la série chronologique pour toutes les années d'inventaire. Au besoin, des valeurs interpolées ou extrapolées sont attribuées aux lacunes dans la série chronologique des données sur les activités, certains détails comme le début de l'exploitation des installations, les dates d'installation des modes de collecte sont pris en compte.

7.6.4. AQ/CQ et vérification

Le processus de contrôle de la qualité a consisté à vérifier les calculs, étape par étape, pour s'assurer que les équations, les paramètres et les conversions des unités étaient utilisés de façon appropriée et que les liens étaient valides. Les émissions étaient représentées sur un graphique pour observer les tendances et déceler les sauts inhabituels ou les profils qui étaient incohérents par rapport aux variations des données sur les activités au fil du temps. Les valeurs estimatives recalculées sont comparées aux valeurs du rapport précédent et une comparaison a été faite entre les changements observés d'une année à l'autre dans la série chronologique pour détecter les changements importants non étayés qui peuvent être le signe d'une erreur de traitement des données.

7.6.5. Recalculs

Le sous-secteur Traitement et rejet des eaux usées municipales a connu une amélioration : la mise en correspondance des rejets avec les types de plans d'eau récepteurs, qui a donné des coefficients d'émission propres à chaque type de plan d'eau pour chacun des rejets. Auparavant, le coefficient d'émission de Niveau 1 du GIEC servait dans tous les cas. De façon générale, cette mise à jour diminue les émissions provenant des rejets dans les plans d'eau, surtout dans les régions où la plupart des rejets vont dans les rivières et les océans, plans d'eau dont les coefficients d'émission sont inférieurs au coefficient par défaut. Dans certaines régions où la majorité des effluents est rejetée dans des estuaires, des lacs ou des réservoirs dont le coefficient d'émission est supérieur à celui par défaut, les émissions ont augmenté.

Les recalculs dans les secteurs de Traitement et rejet des eaux usées municipales et industrielles comprennent les données mises à jour à l'échelle des installations et les données corrigées. Les données mises à jour sont notamment celles des volumes traités et des technologies de traitement (municipal), ainsi que les émissions déclarées au PDGES et l'azote des effluents déclaré à l'INRP (industriel). Les émissions de CO_2 imputables aux eaux usées industrielles déclarées par les installations (PDGES) ont fait l'objet d'un examen approfondi. Dans plusieurs cas, le CO_2 a été identifié comme étant de source biogène (source non déclarée dans le secteur des Déchets du RIN), d'où la diminution des estimations des émissions de CO_2 dans ce secteur. Dans les cas restants, le CO_2 émis a été identifié comme provenant spécifiquement de matières d'origine fossile (p. ex. glycols, pétrole, produits chimiques, etc.).

7.6.6. Améliorations prévues

Les améliorations prévues pour le Traitement et rejet des eaux usées comprennent les suivantes : la mise à jour de la cartographie des fosses septiques au Canada ; la collecte de données afin de saisir l'influence sur les émissions des débordements d'égouts combinés.

CHAPITRE 8

RECALCULS ET AMÉLIORATIONS

8.1. Incidence des recalculs sur les niveaux et les tendances des émissions 271
8.2. Améliorations apportées à l'inventaire 279
8.3. Améliorations prévues à l'inventaire 280

L'inventaire des gaz à effet de serre (GES) du Canada repose sur un processus continu de mises à jour, de révisions et d'améliorations visant à préserver et à accroître sa transparence, son exactitude, son exhaustivité, sa cohérence et sa comparabilité. Afin de faciliter la compréhension globale des changements effectués et leur incidence sur les niveaux et les tendances des émissions, la section 8.1 de ce chapitre résume les recalculs effectués dans l'inventaire des GES de cette année, et comprend une analyse par secteur. Un résumé des améliorations apportées au rapport de cette année est présenté à la section 8.2 et une description des mesures d'améliorations prévues pour les prochains inventaires est donnée à la section 8.3.

Des précisions sur les recalculs et les améliorations apportées sont fournies pour chaque secteur dans les chapitres correspondants (chapitres 3 à 7).

8.1. Incidence des recalculs sur les niveaux et les tendances des émissions

L'amélioration continue fait partie des bonnes pratiques en matière de préparation d'inventaire. Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) travaille constamment en consultation et en collaboration avec des partenaires clés des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux de même qu'avec des intervenants de l'industrie, des instituts de recherche et des experts-conseils dans le but d'améliorer la qualité des variables sous-jacentes et de l'information scientifique utilisées pour compiler l'inventaire national. À mesure que de nouvelles informations et données deviennent disponibles et que des méthodes plus précises sont mises au point, les estimations précédentes sont mises à jour pour obtenir une tendance cohérente et comparable en matière d'émissions et d'absorptions.

Des recalculs sont faits chaque année, pour différentes raisons, dont les suivantes :

- la correction des erreurs détectées par les procédures de contrôle de la qualité
- l'incorporation des mises à jour des données sur les activités, y compris les changements des sources de données
- la réaffectation des activités dans différentes catégories (ceci affecte uniquement les sous-totaux)
- l'amélioration des méthodes et des coefficients d'émissions (CE)
- l'inclusion de catégories non estimées auparavant (ce qui accroît l'exhaustivité de l'inventaire)
- les recommandations issues des examens de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
- la mise en œuvre des modalités, procédures et lignes directrices du cadre de transparence pour l'action et le soutien visé à l'article 13 de l'Accord de Paris (MPL)[1]

8.1.1. Incidences estimées sur les niveaux et les tendances des émissions

Dans cet inventaire de GES, les émissions totales ont légèrement été révisées à la hausse pour la plupart des années et légèrement à la baisse pour les quatre dernières années, comme indiqué à la Figure 8–1. Dans l'ensemble, comme le montre le Tableau 8–1, les recalculs des estimations de 1990 à 2023 précédemment déclarées ont entraîné une variation des émissions entre un minimum de +0,1 % (+0,7 Mt) en 2019 et un maximum de -1,0 % (-7,0 Mt) en 2023. En valeur absolue, le recalcul moyen pour toutes les années représente 0,4 % (2,7 Mt). La tendance entre 1990 et 2023 se traduit désormais par une augmentation de +13,0 % des émissions totales de GES depuis 1990, contre une augmentation de +14,4 % dans le RIN de l'année dernière. La tendance entre 2023 et l'année de référence (2005) correspond à une diminution de -10,0 % (-76 Mt) des émissions totales de GES. Il y a un recalcul net à la hausse de +0,6 % (+4,3 Mt) pour l'année de référence.

1 https://unfccc.int/sites/default/files/resource/l23f_0.pdf

Figure 8–1 **Comparaison des tendances d'émission (RIN 2025 par rapport au RIN 2026)**

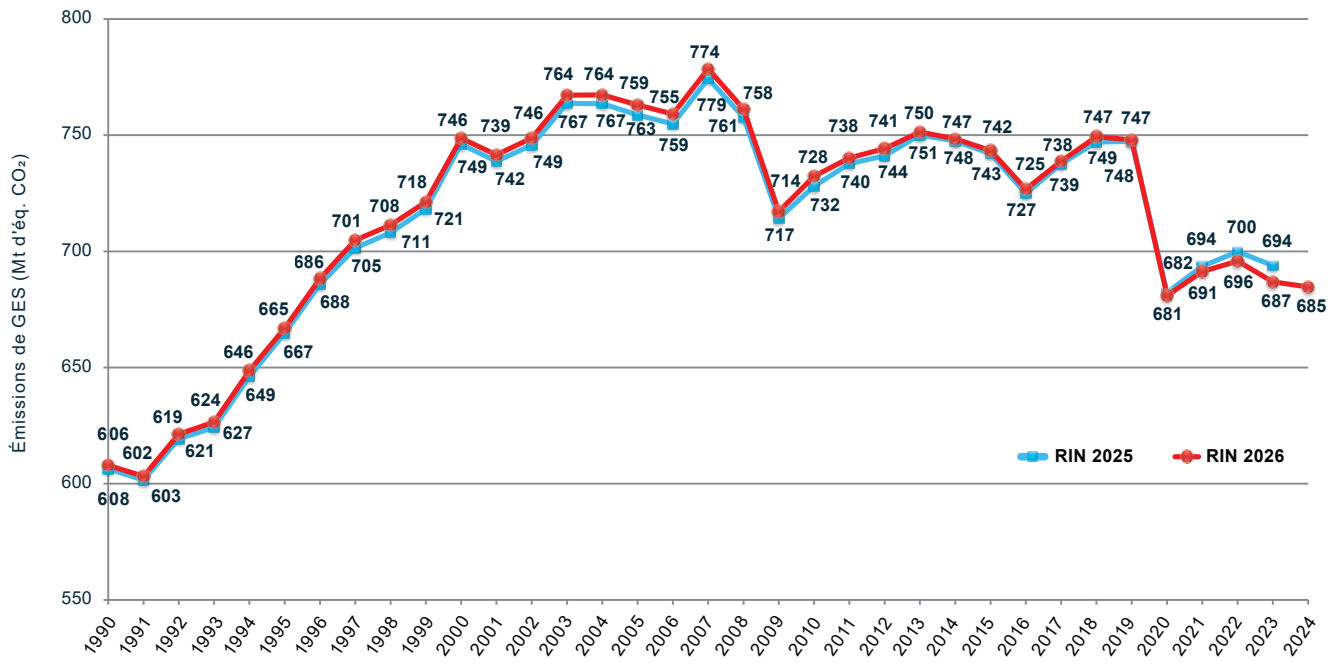


Tableau 8–1 **Sommaire des recalculs du Rapport d'inventaire national de 2026 (à l'exception du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie)**

Total National	Émissions annuelles (kt d'éq. CO_2)								Tendances	
	1990	2005	2018	2019	2020	2021	2022	2023	1990–2023	2005–2023
Soumission précédente (RIN 2025)	606 392	758 718	747 051	747 308	682 283	693 574	699 899	693 912	14,4 %	-8,5 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	607 907	763 017	749 308	748 008	680 926	691 322	695 853	686 881	13,0 %	-10,0 %
Variation des émissions totales	1 515	4 300	2 257	700	-1 357	-2 252	-4 046	-7 031	-	-
	0,2 %	0,6 %	0,3 %	0,1 %	-0,2 %	-0,3 %	-0,6 %	-1,0 %	-	-

Note :
- = sans objet

8.1.2. Recalculs par secteur

Comme il a déjà été noté, les bonnes pratiques en matière de préparation d'inventaire exigent que les améliorations et les mises à jour de la méthodologie soient appliquées à l'ensemble de la série chronologique (c.-à.-d. de 1990 à la dernière année de déclaration). Le fait d'assurer la cohérence méthodologique à l'échelle de la série chronologique permet d'éviter de confondre un changement de méthodologie avec un véritable changement des émissions et des absorptions de GES.

Les recalculs effectués cette année ont donné lieu à des changements aux émissions et aux absorptions déclarées antérieurement dans la majorité des secteurs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Énergie, Procédés industriels et utilisation des produits [PIUP], Agriculture, Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie [ATCATF] et Déchets), sous-secteurs de l'Énergie (Sources de combustion fixes, Transports et Sources fugitives), et pour toutes les années comprises dans la série chronologique (1990 à 2023).

Le Tableau 8–2 indique que les révisions les plus importantes pour 2023 ont eu lieu dans les secteurs Transport (-5,7 Mt) et Sources fugitives (-2,9 Mt).Ces révisions sont en grande partie attribuables à l'amélioration des méthodes d'estimation et de l'allocation, ainsi qu'à la mise à jour des données sur l'énergie. Le total national a été révisé à la baisse de 694 Mt pour l'année 2023 (tel qu'il était présenté dans l'inventaire précédent) à 687 Mt en 2023 (tel qu'il est présenté dans l'inventaire actuel), et ce, en raison de la somme des recalculs de -7,0 Mt pour tous les secteurs. Entre 2023 et 2024, le total national mis à jour a ensuite diminué de -2,2 Mt pour atteindre 685 Mt en 2024. Le Tableau 8–2 présente les changements et les recalculs pour chaque source. Les valeurs d'émission et de recalcul de ces sources, pour l'inventaire actuel et l'inventaire précédent, sont présentées dans le Tableau 8–3.

Tableau 8–2 Variation dans les émissions de GES au Canada de 694 Mt (en 2023, soumission précédente) à 685 Mt (en 2024, soumission actuelle)

Secteur	Variations de 2023 à 2024 (Mt d'éq. CO_2)	Variations de 2023 en raison de recalculs (Mt d'éq. CO_2)
Énergie (Sources de combustion fixes)	-0,9	0,1
Énergie (Transports)	-0,8	-5,7
Énergie (Sources fugitives)	0,4	-2,9
Procédés industriels et utilisation des produits	-1,5	1,2
Agriculture	1,0	0,3
Déchets	-0,4	0,0
Variations totales	**-2,2**	**-7,0**

Note : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Tableau 8–3 Sommaire des recalculs par secteur

	Émissions annuelles (kt d'éq. CO_2)								Tendances	
	1990	2005	2018	2019	2020	2021	2022	2023	1990–2023	2005–2023
ÉNERGIE (SOURCES DE COMBUSTION FIXES)										
Soumission précédente (RIN 2025)	276 753	334 956	318 694	322 372	299 257	300 632	303 574	298 331	7,8 %	-10,9 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	277 404	335 886	318 859	321 969	299 471	300 382	303 243	298 399	7,6 %	-11,2 %
Variation des émissions	**651**	**930**	**165**	**-403**	**214**	**-250**	**-330**	**68**	-	-
	0,2 %	**0,3 %**	**0,1 %**	**-0,1 %**	**0,1 %**	**-0,1 %**	**-0,1 %**	**0,0 %**	-	-
ÉNERGIE (TRANSPORTS)										
Soumission précédente (RIN 2025)	145 073	190 308	208 613	209 151	177 962	186 792	194 641	195 399	34,7 %	2,7 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	144 943	190 292	207 695	208 211	176 017	184 059	191 809	189 726	30,9 %	-0,3 %
Variation des émissions	**-131**	**-16**	**-918**	**-940**	**-1 945**	**-2 733**	**-2 832**	**-5 673**	-	-
	-0,1 %	**0,0 %**	**-0,4 %**	**-0,4 %**	**-1,1 %**	**-1,5 %**	**-1,5 %**	**-2,9 %**	-	-
ÉNERGIE (SOURCES FUGITIVES)										
Soumission précédente (RIN 2025)	65 542	97 569	87 560	84 312	74 692	74 918	70 214	68 478	4,5 %	-29,8 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	65 761	99 750	89 079	85 472	73 603	73 996	68 266	65 607	-0,2 %	-34,2 %
Variation des émissions	**219**	**2 181**	**1 519**	**1 160**	**-1 089**	**-923**	**-1 948**	**-2 871**	-	-
	0,3 %	**2,2 %**	**1,7 %**	**1,4 %**	**-1,5 %**	**-1,2 %**	**-2,8 %**	**-4,2 %**	-	-
PIUP										
Soumission précédente (RIN 2025)	55 096	56 032	54 719	53 737	51 414	53 217	52 522	53 530	-2,8 %	-4,5 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	55 744	56 808	55 856	54 462	52 149	53 886	53 231	54 750	-1,8 %	-3,6 %
Variation des émissions	**648**	**776**	**1 137**	**725**	**734**	**668**	**710**	**1 220**	-	-
	1,2 %	**1,4 %**	**2,1 %**	**1,3 %**	**1,4 %**	**1,3 %**	**1,4 %**	**2,3 %**	-	-
AGRICULTURE										
Soumission précédente (RIN 2025)	42 541	56 286	54 146	54 287	55 986	55 109	55 912	55 150	29,6 %	-2,0 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	42 767	56 793	54 804	54 911	56 682	55 787	56 183	55 429	29,6 %	-2,4 %
Variation des émissions	**225**	**508**	**658**	**625**	**697**	**678**	**271**	**280**	-	-
	0,5 %	**0,9 %**	**1,2 %**	**1,2 %**	**1,2 %**	**1,2 %**	**0,5 %**	**0,5 %**	-	-
DÉCHETS										
Soumission précédente (RIN 2025)	21 386	23 567	23 319	23 391	22 863	22 875	23 001	22 987	7,5 %	-2,5 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	21 288	23 488	23 015	22 982	23 003	23 212	23 121	22 970	7,9 %	-2,2 %
Variation des émissions	**-98**	**-79**	**-304**	**-409**	**140**	**338**	**120**	**-18**	-	-
	-0,5 %	**-0,3 %**	**-1,3 %**	**-1,8 %**	**0,6 %**	**1,5 %**	**0,5 %**	**-0,1 %**	-	-
ATCATF										
Soumission précédente (RIN 2025)	49 847	65 973	24 024	14 629	25 006	14 770	50 797	4 169	-91,6 %	-93,7 %
Soumission actuelle (RIN 2026)	61 095	81 054	23 915	16 363	25 758	14 321	45 809	-8 696	-114,2 %	-110,7 %
Variation des émissions	**11 247**	**15 081**	**-109**	**1 734**	**752**	**-449**	**-4 989**	**-12 865**	-	-
	22,6 %	**22,86 %**	**-0,5 %**	**11,9 %**	**3,0 %**	**-3,0 %**	**-9,8 %**	**-308,6 %**	-	-

Note :
- = sans objet

Énergie (Sources de combustion fixes)

En ce qui concerne les émissions de Sources de combustion fixes, la plupart des recalculs pour 2023 ont été effectués dans la Production d'électricité et de chaleur du secteur public +0,8 Mt [+1,4 %]), les Industries de raffinage du pétrole (+0,3 Mt [+2,0 %]), l'Extraction de pétrole et de gaz (-1,2 Mt [-1,1 %]), l'Exploitation minière et extraction en carrière (+0,3 Mt [6,3 %]), les Industries manufacturières (-1,0 Mt [-2,6 %]) et Commercial (+0,1 Mt [+0,3 %]). Des recalculs ont également été faits tout au long de la série chronologique, les principales sources étant la mise à jour des volumes de gaz de distillation, des CE associés au gaz naturel, des données sur la consommation de combustibles dans le *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC) , et la réattribution des émissions à la Production de charbon, à la Fabrication de biocombustibles et au Torchage.

Les recalculs dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public ont eu lieu de 1995 à 2023. Ces recalculs résultent de la révision des CE du gaz naturel, dont l'incidence varie de -0,03 Mt (-0,2 %) à +0,01 Mt (+0,01 %). Les révisions des volumes du BDEEC, plus particulièrement ceux du charbon, du diesel, du mazout léger, du mazout lourd et du gaz naturel entre 2011 et 2023 ont entraîné des changements dans les émissions allant de -0,01 Mt (-2,3 %) à +0,6 Mt (+1,7 %).

Les recalculs pour les Industries de raffinage du pétrole ont été effectués sur toute la série chronologique en raison des volumes révisés de gaz de distillation. L'incidence de ces recalculs sur les CE varie de +0,7 Mt (+8,6 %) à +2,1 Mt (+22 %). Les mises à jour des émissions réattribuées au Torchage et à la Fabrication de biocombustibles ont mené à des révisions pour la période 2004 à 2023 allant de -0,1 Mt (-1,7 %) à -0,9 Mt (-8,3 %). Quant aux révisions du BDEEC, en particulier celles des volumes de gaz naturel, de coke de pétrole, de gaz de distillation, de propane et de butane de 2019 à 2023, elles ont entraîné des mises à jour allant de -0,1 Mt (-1,2 %) à -0,4 Mt (-3,9 %).

Des recalculs ont été effectués dans la catégorie de l'Extraction de pétrole et de gaz de 1990 à 2023. Les mises à jour des CE du CO_2 du gaz naturel consommé par les producteurs en Colombie-Britannique ont entraîné des révisions allant de -0,5 Mt (-1,5 %) à +0,04 Mt (+0,1 %). Les révisions des volumes de gaz naturel, de mazout lourd, de propane et de gaz de distillation de 1990 à 2023 ont entraîné des changements dans les émissions allant de -0,8 Mt (-9,1 %) à +0,1 Mt (+0,8 %).

Des recalculs dans la catégorie Exploitation minière et extraction en carrière ont eu lieu sur toute la série chronologique, car des révisions ont été apportées aux volumes de gaz naturel et de propane, qui à leur tour ont conduit à des révisions variant de -0,1 Mt (-6,4 %) à +0,5 Mt (+18 %).

Les recalculs dans la catégorie des Industries manufacturières ont été réalisés pour toute la série chronologique. Des révisions du BDEEC ont eu lieu de 2014 à 2023, leur incidence allant de -0,3 Mt (-0,6 %) à +0,5 Mt (+1,2 %). La réaffectation des émissions issues des Produits chimiques et autres sous-catégories de Fabrication à la Fabrication de biocombustibles a entraîné des révisions à la baisse allant de -0,1 Mt (-0,1 %) à -1,0 Mt (-2,2 %), et ce, de 1990 à 2023.

Des recalculs dans la catégorie Commercial ont eu lieu entre 1990 et 2023. Ces révisions étaient dues à des changements dans les volumes de gaz d'enfouissement, de gaz de digestion des boues, de déchets solides municipaux, de mazout léger et de propane, entraînant des recalculs allant de -0,03 Mt (-0,1 %) en 2017 à +0,1 Mt (+0,3 %).

Voir le Chapitre 3, section 3.1 pour plus de détails sur les recalculs.

Énergie (Transports)

Les recalculs pour le secteur des Transports ont été effectués pour toutes les années de déclaration, allant de +0,6 Mt (+0,3 %) en 2010 à -5,7 Mt (-3,1 %) en 2023. Les changements à ce niveau étaient principalement dus à la teneur en carburants renouvelables des carburants de transport pour les années de déclaration 2010 et suivantes et à la révision des volumes de carburant du BDEEC pour les années de déclaration 2011 et suivantes. La mise à jour de la teneur en carburants renouvelables a eu une incidence sur tous les secteurs du Transport, sauf le Transport aérien et le Transport par pipelines pour les années de déclaration 2013 et suivantes. De plus, cette mise à jour a entraîné une augmentation des volumes de combustion de la biomasse et une baisse de ceux de l'utilisation de combustibles fossiles. Ainsi, les émissions globales ont diminué, car les émissions de CO_2 d'origine biogène sont déclarées comme des items pour mémoire dans le secteur de l'Énergie, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Les recalculs pour le Transport aérien intérieur et le Transport aérien militaire sont négligeables et résultent uniquement de la révision des volumes de carburant du BDEEC. Ces recalculs ne s'appliquaient qu'aux années de déclaration 2017 et 2022, ce qui a entraîné des révisions respectives de +7,0 kt (+0,1 %) et de +21 kt (+0,2 %) pour ces secteurs dans leur ensemble.

Les recalculs pour le Transport routier ont été effectués sur toutes les années de déclaration et sont principalement dus à la mise à jour de la teneur en carburants renouvelables des carburants de transport et à la révision des volumes de carburants du BDEEC. Cette dernière révision a légèrement fait augmenter la quantité d'essence et de diesel utilisés par le Transport routier dans les années de déclaration 2022 et 2023. En outre, étant donné les révisions des immatriculations de véhicules routiers, des recalculs mineurs ont eu lieu pour l'année de déclaration 2023. Cumulativement, ces recalculs ont entraîné des révisions pour le Transport routier allant de +0,6 Mt (+0,5 %) en 2010 à -2,7 Mt (-2,2 %) en 2023.

Les recalculs pour le Transport ferroviaire étaient négligeables, allant de +47 kt (+0,8 %) en 2011 à -131 kt (-2,2 %) en 2023. Les changements étaient principalement dûs à la mise à jour de la teneur en carburants renouvelables du carburant diesel.

Les recalculs pour le Transport maritime intérieur, les Pêches et le Transport maritime militaire ont été effectués pour toutes les années de déclaration. Ils s'avèrent importants pour les années de déclaration 2014 et suivantes. Les modifications étaient dues à des mises à jour apportées aux données sur les moteurs auxiliaires et à la teneur en carburants renouvelables des carburants employés dans le transport maritime. Cumulativement, ces recalculs ont entraîné des révisions allant de -0,4 Mt (-11 %) en 2023 à +0,5 Mt (+16 %) en 2020 pour le Transport maritime intérieur, les Pêches et le Transport maritime militaire dans leur ensemble.

Les recalculs pour les Autres moyens de transport (Véhicules hors route) ont été effectués pour toutes les années de déclaration, recalculs principalement dûs à la mise à jour de la teneur en carburants renouvelables des carburants de transport et à la révision des volumes de carburant du BDEEC. En raison des volumes révisés du BDEEC, l'essence et le carburant diesel utilisés par les Véhicules hors route ont diminué pour les années de déclaration respectives 2017 à 2023 et 2011 à 2023. De plus, étant donné les mises à jour du modèle d'émission NONROAD, des recalculs mineurs ont été effectués sur toutes les années de déclaration. Cumulativement, à la suite de ces recalculs, les révisions dans les Véhicules hors route variaient de +0,1 Mt (+0,2 %) en 2010 à -2,5 Mt (-5,4 %) en 2023.

Énergie (Sources fugitives)

Des recalculs ont été effectués dans la catégorie Pétrole et gaz naturel du sous-secteur Sources fugitives, pour toute la série chronologique. Les mises à jour des méthodologies et des données sur les activités ont entraîné des révisions à la hausse de 1990 à 2019, les augmentations globales allant de +0,2 Mt (0,4 %) en 1990 à +2,3 Mt (+2,3 %) en 2006. Les recalculs ont entraîné des révisions à la baisse de 2020 à 2023, allant de -1,1 Mt (-1,5 %) en 2020 à une diminution de -2,9 Mt (-4,3 %) en 2023. Ces modifications découlent de plusieurs recalculs aux répercussions variables :

1. Mesures atmosphériques du CH_4 : les émissions de CH_4 fondées sur des mesures ont été révisées selon les améliorations méthodologiques du Energy and Emissions Research Laboratory (EERL), l'objectif principal étant d'intégrer des données météorologiques plus précises et de mettre à jour la classification des installations. Par conséquent, les émissions de CH_4 découlant des réservoirs de stockage, des torches éteintes, des bâtiments de compresseurs, des hangars à moteurs et des têtes de puits (Saskatchewan seulement) dans les installations de l'Industrie du pétrole et du gaz en amont (PGA) ont été révisées. Les estimations pour l'Alberta, la Saskatchewan et la Colombie-Britannique ont été révisées pour 2023. Quant aux inventaires du EERL mis à jour pour 2020-2021 en Saskatchewan et 2021 en Colombie-Britannique, ils ont également entraîné d'autres recalculs pour la période 1990 à 2022.

   Les recalculs en lien avec les émissions de CH_4 fondées sur des mesures ont conduit à des révisions à la hausse de 1990 à 2021 allant de +0,2 Mt (+0,6 %) en 2021 à +1,4 Mt (+4,2 %) en 2005, et des révisions à la baisse de -0,2 Mt (-3,2 %) en 2022 et de -1,1 Mt (-4,9 %) en 2023.

2. Composition du gaz en Colombie-Britannique : les données d'analyse publiques sur les échantillons de gaz et les volumes de production de gaz provenant de British Columbia Energy Regulator (BCER) ont servi à mettre à jour les données sur la composition du gaz naturel brut produit dans la province. Cette mise à jour a eu une incidence sur plusieurs sources d'émissions fugitives : le torchage, l'évacuation déclarée, les dispositifs pneumatiques, les fuites des équipements, le CO_2 des gisements et l'évacuation de gaz par les tubages de surface. Dans l'ensemble, vu l'adoption de données sur la composition des gaz propres à la Colombie-Britannique, les émissions ont été révisées à la baisse pour 1996, 1997 et de 2013 à 2023, la révision la plus importante (-0,3 Mt [-6,1 %]) ayant lieu pour 2014. De 1990 à 1995 et de 1998 à 2012, les révisions à la hausse variaient de +37 kt (1,0 %) en 1998 à +0,1 Mt (+3,0 %) en 2006.

3. Fuites fugitives des équipements : les paramètres du modèle ont été actualisés de façon à mieux refléter l'incidence des exigences provinciales de l'Alberta en lien avec la détection et la réparation des fuites (DERF) sur certaines installations dans le secteur Pétrole et gaz en amont à partir de 2020. Quant aux autres provinces, à la suite d'un examen interne de leurs paramètres dans le modèle DERF, des mises à jour semblables ont eu lieu pour le Manitoba, d'où les recalculs sur toute la série chronologique. De 2020 à 2023, les émissions liées aux fuites d'équipements ont été révisées à la baisse d'environ -2,0 Mt (-27 %) pour chaque année, mais en ce qui a trait au Manitoba, les modifications ont entraîné des révisions à la hausse de 1990 à 2019, la plus importante étant de +24 kt (+0,2 %) en 2005.

4. Torchage dans les raffineries de pétrole : la méthodologie servant à estimer les émissions issues du torchage dans le secteur du Raffinage du pétrole a été mise. L'objectif était d'intégrer les émissions déclarées par les installations et les données sur les activités de torchage propres aux produits tirées du Programme de déclaration des GES. En raison de cette mise à jour, des recalculs ont eu lieu, dont des révisions à la hausse de 2004 à 2023 allant de +0,1 Mt (+58 %) en 2004 à +0,9 Mt (+451 %) en 2021.

5. Émissions fugitives issues de la production de pétrole brut lourd : la méthodologie pour les émissions fugitives issues de la production de pétrole brut lourd thermique en Saskatchewan a été mise à jour de façon à utiliser les estimations à l'échelle de l'installation pour 2013 et les années suivantes. Les émissions sont prédites rétrospectivement à l'aide d'estimations de la production à l'échelle de l'installation jusqu'en 1990, d'où des recalculs sur toute la série chronologique en Saskatchewan. De plus, les estimations des émissions fugitives antérieures ont été mises à jour pour la production de pétrole brut lourd à froid en Saskatchewan et en Alberta et pour la production de pétrole brut lourd thermique in situ en Alberta, et ce, pour mieux refléter les pratiques d'exploitation. Ensemble, ces mises à jour ont entraîné des révisions à la baisse de 1990 à 2012 allant de -0,1 Mt (-2,2 %) en 2010 à -1,0 Mt (-9,6 %) en 2000, et des révisions mineures à la hausse de 2013 à 2023, le maximum étant de +78 kt (+2,3 %) en 2019.
6. Puits de pétrole et de gaz abandonnés et évacuation de gaz par les tubages de surface : la méthodologie a été modifiée de façon à adopter les coefficients d'émissions de CH_4 propres aux provinces mis à jour en ce qui a trait aux puits abandonnés bouchés et non bouchés. Les CE mis à jour intégraient les résultats des études de mesure supplémentaires couvrant mieux les régions de la Saskatchewan et de l'Alberta où les puits abandonnés prévalent. Étant donné cette mise à jour, les émissions ont été révisées à la hausse de 1990 à 2016 et à la baisse de 2017 à 2023, révisions allant de -59 kt (-10 %) en 2023 à +47 kt (+12 %) en 2008.

   L'évacuation de gaz par les tubages de surface en Alberta a été recalculée à la suite d'une mise à jour mineure des hypothèses du modèle lié aux occurrences d'évacuation de gaz dans les puits inactifs. En raison de ce recalcul, les émissions ont été révisées à la baisse de 1990 à 1993 et à la hausse de 1994 à 2023, les révisions allant de -16 kt (-1,2 %) en 1993 à +0,2 Mt (+13 %) en 2003.
7. Transport et stockage de gaz naturel et distribution du gaz naturel : le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI) a fourni à ECCC des données d'émissions déclarées par les exploitants mises à jour pour l'année 2023 qui remplacent les valeurs extrapolées des données de 2022 du CEPEI dans les anciennes soumissions. À la suite de recalculs en lien avec les secteurs du Transport et stockage et de la Distribution du gaz naturel, les émissions ont été révisées à la baisse de -0,2 Mt (-9,4 %) en 2023.

D'autres recalculs des émissions fugitives dans la catégorie Pétrole et gaz naturel ont été réalisés, mais leur incidence s'est avérée relativement mineure. Les changements les plus importants concernent les émissions imputables au torchage dans le secteur Pétrolier et gazier en amont à la suite du rapprochement avec les estimations fondées sur les mesures mises à jour pour les torches non allumées. Étant donné ce rapprochement, les émissions ont été révisées à la hausse de 1990 à 2012 et de 2021 à 2023, et à la baisse de 2013 à 2020. Les révisions variaient de -6,5 kt (-0,2 %) en 2014 à +0,3 Mt (+7,9 %) en 1998. D'autres mises à jour des données sur les activités ont conduit aux révisions suivantes : fuites en aval du compteur (de -15 kt en 2016 à +10 kt en 2007), fuites dans les équipements de raffinage du pétrole et évacuation dans le cadre des procédés (de +20 kt en 1991 à +75 kt en 2012) et dispositifs pneumatiques dans le secteur Pétrolier et gazier en amont en Alberta (de -0,2 kt en 2010 à +69 kt en 2005).

À noter que des explications plus détaillées sur les recalculs des émissions fugitives découlant des combustibles se trouvent au Chapitre 3, section 3.3.

Transport et stockage du CO_2

Des recalculs ont été effectués pour la catégorie du transport et du stockage du CO_2, car les données d'émissions déclarées par les installations ont été mises à jour, ce qui a entraîné des révisions à la baisse de 2019 à 2023, la variation maximale étant de -0,1 Mt en 2020. Pour plus de détails sur ces recalculs, voir le Chapitre 3, section 3.4.

Procédés industriels et utilisation des produits

Des recalculs ont été effectués dans le secteur des PIUP pour toute la série chronologique (1990–2023), entraînant des révisions de +0,14 Mt à +1,2 Mt. Des explications sur les recalculs propres aux catégories et aux sous-secteurs sont données ci-dessous.

Les émissions d'hydrofluorocarbone (HFC) issues de la catégorie Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (SAO) ont été recalculées de 2010 à 2023 à l'aide des données sur les activités révisées selon : les corrections apportées à la série chronologique pour résoudre les problèmes de cohérence soulevés par la CCNUCC dans son examen simplifié de l'inventaire 2025; la catégorisation révisée des utilisations finales en fonction de recherches d'entreprise plus approfondies; des révisions des variables de substitution servant à l'extrapolation pour les années où aucune donnée n'a été recueillie. Les recalculs allaient de -0,41 Mt en 2014 à +0,23 Mt en 2018.

Les émissions de 1990 à 2023 pour le sous-secteur des Produits non énergétiques provenant de l'utilisation de combustibles et de l'utilisation de solvant ont fait l'objet de recalculs à la suite de révisions des données du BDEE de Statistique Canada, de mises à jour concernant l'utilisation d'huiles et de graisses lubrifiantes employées dans les moteurs hors route à deux temps, et de mises à jour apportées au CE du coke de pétrole. L'ampleur des recalculs variait de -0,53 Mt en 2001 à +0,43 Mt en 2023.

En ce qui concerne la catégorie de Production sidérurgique, l'ensemble de la série chronologique (1990–2023) a été recalculée en raison de corrections des données déclarées par les installations pour les années 2021 à 2023 et d'un changement méthodologique par lequel ont été ajoutées les émissions provenant de l'utilisation des carbonates dans la production de granules de minerai de fer. L'ampleur des recalculs variait de +0,54 Mt en 2018 à +0,79 Mt en 2005.

De plus, des recalculs ont été effectués dans la catégorie Production de ciment pour 2018 et 2020 à la suite de rapports révisés par les installations dans le cadre du Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES). L'amplitude des recalculs variait de +0,046 à +0,32 Mt.

Pour la catégorie Production de magnésium, des recalculs ont eu lieu (pour le moulage du magnésium) pour les années 2010 à 2023, car les données de produit provincial brut ont été mises à jour (de 2010 à 2023) et les déclarations des données révisées issues des installations au PDGES (de 2017 à 2023). L'amplitude des recalculs variait d'une valeur négative négligeable à +0,26 Mt.

Agriculture

Des recalculs ont eu lieu dans le secteur de l'Agriculture sur toute la série chronologique. Ils reflètent les mises à jour et corrections suivantes apportées à la méthodologie :

1. la méthode servant à estimer les facteurs de conversion du méthane (FCM) de la production laitière et des systèmes de gestion des fumiers liquides a été mise à jour, d'où une révision de la hausse nationale nette des émissions de CH_4; les recalculs variaient de +0,2 Mt en 1990 à +0,4 Mt en 2023;
2. conformément aux recommandations de l'EEET, une impureté de 5 % a été ajoutée aux données sur les activités en lien avec le calcaire et la dolomite épandues sur les terres cultivées, ce qui a proportionnellement réduit les émissions de CO_2 issues de l'épandage de chaux; les recalculs étaient de -0,02 Mt en 1990, de -0,01 Mt en 2005 et de -0,01 Mt en 2023;
3. À la suite d'une correction de la méthode, le calcul du rendement des cultures a été amélioré, ce qui a modifié la valeur des apports de C par les résidus de cultures s'ajoutant au sol, d'où des recalculs des émissions de N_2O directement attribuables aux sols; ces recalculs étaient de +0,03 Mt en 1990, de +0,12 Mt en 2005 et de -0,12 Mt en 2023.

Dans le secteur de l'Agriculture, ces recalculs ont eu comme effet cumulatif des révisions à la hausse des estimations des émissions de +0,23 Mt en 1990, de +0,51 Mt en 2005 et de +0,28 Mt en 2023.

Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Des recalculs ont été effectués dans les estimations des émissions et des absorptions du secteur de l'ATCATF, notamment dans les catégories des Terres forestières, des Terres cultivées, des Produits ligneux récoltés (PLR), des Terres humides et des Établissements. Les recalculs les plus importants sont les suivants :

1. À la suite du raffinement des paramètres de décomposition des réservoirs de sol et de matière organique morte (MOM), les émissions ont été révisées à la hausse de 1990 à 2008 et à la baisse de 2009 à 2023; la plus importante modification concernant une seule année a eu lieu pour 2005 (+10 Mt).
2. Les données sur les activités liées à l'aménagement des forêts ont été mises à jour en ce qui a trait à la coupe à blanc, à l'éclaircie commerciale, à la récolte de bois de chauffage et au brûlage des rémanents, dont des révisions mineures pour 2020 et 2022 et une correction à la baisse importante (-10 %) pour les cibles des récoltes classiques de 2023, d'où une révision des émissions de -13,4 Mt en 2023.
3. La mise à jour des paramètres de la MOM, celle des données sur les activités liées à l'aménagement des forêts et les autres recalculs mineurs ont eu un effet cumulé : une révision nette à la hausse de +6,2 Mt en 1990 et de +10,2 Mt en 2005, et une révision nette à la baisse de -22,3 Mt en 2023 dans la catégorie des Terres forestières.
4. Les données sur les activités liées à l'aménagement des forêts ont été mises à jour, légèrement compensées par les paramètres mis à jour du modèle des PLR pour tenir compte de la conversion des produits de base et de la proportion d'exportations, d'où une révision nette à la hausse de +5,8 Mt d'émissions dans la catégorie des PLR en 2023.
5. Dans la catégorie des Terres cultivées, les estimations des émissions et des absorptions des réservoirs de carbone organique du sol ont été révisées sur toute la série chronologique (de 1990 à 2023). Cette révision résulte de la correction d'une erreur de traitement dans la procédure distribuant le carbone des résidus de récolte dans les sols. À la suite aux recalculs, les émissions issues des résidus de culture ont été révisées à la hausse de +0,75 Mt en 1990, de +1,57 Mt en 2005 et de +0,91 Mt en 2023.

6. Les émissions des Terres inondées ont été recalculées sur toute la série chronologique (de 1990 à 2023) à l'aide d'une méthodologie mise à jour, de données sur les activités révisées et de l'inclusion des émissions de CH_4. Alors que la tendance globale demeure à la baisse, ces mises à jour ont entraîné des révisions à la hausse de +4,5 Mt en 1990, de +4,4 Mt en 2005 et de +3,1 Mt en 2023 dans la catégorie des Terres humides.
7. À la suite des recommandations de la CCNUCC dans son examen sur l'exhaustivité de la déclaration, les émissions et absorptions dans les sous-catégories des Terres humides converties en établissements et des Terres humides dont la vocation n'a pas changé, associées aux activités d'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux en Alberta, ont été estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 du GIEC. Dans l'ensemble, ces estimations représentent des révisions à la hausse de +0,5 Mt en 1990, de +0,18 Mt en 2005 et de +0,32 Mt en 2023.

L'incidence totale de ces recalculs et d'autres recalculs mineurs dans le secteur de l'ATCATF : les estimations d'émissions ont été révisées à la hausse de +11 Mt en 1990 et de +15 Mt en 2005, et à la baisse de 13 Mt en 2023.

Voir le Tableau 8–4 et le Chapitre 6 pour plus de détails sur les recalculs.

Déchets

Les recalculs réalisés dans le secteur des Déchets ont entraîné des changements aux estimations d'émission de -0,10 Mt (+0,46 %) en 1990, de -0,08 Mt (-0,34 %) en 2005 et de -0,02 Mt (-0,08 %) en 2023 par rapport à la soumission précédente. Ces changements sont le résultat de la mise à jour des données sur les activités et des améliorations continues aux estimations d'émissions, détaillées comme suit :

1. Les recalculs pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux comprennent de nouvelles données sur les sites d'enfouissement recueillies dans un sondage volontaire auprès des exploitants de gaz d'enfouissement, sondage mené par ECCC. Ces nouvelles données portent notamment sur la récupération des gaz d'enfouissement et l'élimination des déchets propres aux sites d'enfouissement, qui remplacent les valeurs auparavant extrapolées (pour 2023), et comprennent à l'occasion des révisions des estimations précédentes sur la récupération des gaz d'enfouissement et des données sur l'élimination des déchets propres aux sites. Les mises à jour de la récupération du méthane influent sur les estimations des émissions nettes, calculées selon la production de méthane modélisée moins la récupération totale par province et territoire. Les plus récentes données sur le climat à long terme et l'élimination propre aux sites ont servi à mettre à jour les estimations des proportions de déchets enfouis par zone climatique (humide, sèche) pour chaque province et territoire. Celles pour l'Ontario (de 7 % à 3 % de climat sec) et l'Alberta (de 100 % à 99 % de climat sec) ont ainsi été modifiées. En raison de nouvelles données sur la caractérisation (composition) et la recompilation de la composition récente (de 2016 à aujourd'hui), certaines émissions des dernières années ont été mises à jour.
2. Des améliorations ont été apportées au Traitement et rejet des eaux usées municipales, notamment une nouvelle cartographie des types de cours d'eau recevant des effluents d'eaux usées et l'utilisation de CE propres à ces plans d'eau. Les recalculs supplémentaires relatifs au traitement et au rejet des eaux usées municipales comprennent des mises à jour des données provenant des installations et des corrections à ces données, comme les volumes traités, la technologie de traitement et le méthane récupéré. La majorité de ces mises à jour sont issues des dernières données communiquées par l'intermédiaire du Système d'information pour les rapports réglementaires sur les effluents, dans le cadre du *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées* (Canada, 2012).
3. Les recalculs relatifs aux eaux usées industrielles comprennent des données actualisées provenant des dernières données du PDGES et de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP; rejets dans l'eau), qui comprennent de nouvelles données et des révisions tout au long de la série chronologique.
4. Les recalculs pour l'incinération des déchets comprennent des mises à jour et des révisions des quantités de déchets incinérés au niveau des installations pour l'ensemble de la série chronologique et des mises à jour du dernier inventaire du PDGES. En outre, la teneur en carbone des matières textiles, du cuir et des fibres biologiques a été corrigée.
5. D'autres sources de données sur les activités en lien avec les matières résiduelles de bois ont servi à remplacer les valeurs extrapolées dans le calcul des estimations d'émissions issues des installations traitant les déchets de bois industriels. Ce remplacement a donné des estimations plus exactes. Conséquence des nouvelles sources de données, les estimations des émissions ont été modifiées de -0,02 Mt (pour l'année en cours) à -0,09 Mt (en 1990).
6. Les émissions provenant du compostage des déchets résidentiels ont été ajoutées aux estimations d'émissions au niveau des installations dans la catégorie du Traitement des déchets biologiques. Cet ajout explique les modifications variant de +0,07 Mt (pour l'année en cours) à -0,09 Mt (en 1990).
7. Les émissions issues de la combustion à l'air libre des déchets résidentiels ont été ajoutées aux estimations d'émissions au niveau des installations dans la catégorie de l'Incinération. Cet ajout explique les modifications d'environ +0,003 Mt durant la période de déclaration.

8.2. Améliorations apportées à l'inventaire

Les améliorations apportées à l'inventaire visent à accroître l'exactitude des estimations de GES ou à améliorer des composantes du processus de préparation de l'inventaire, notamment les dispositions institutionnelles, légales et procédurales à l'appui. Les améliorations qui portent sur des modifications ou des ajustements sur le plan méthodologique sont documentées et examinées avant d'être mises en application. S'il y a lieu, les améliorations qui donnent lieu à des recalculs des estimations pour de multiples années sont appliquées de manière à maintenir la cohérence de la série chronologique.

Les améliorations à l'inventaire du Canada découlent des recommandations d'examens de la CCNUCC réalisés les années passées, de la mise en œuvre continue des exigences en matière de déclaration, des *Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), et d'activités internes continues d'amélioration, par exemple l'intégration de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019).

Le Tableau 8–4 fournit des renseignements supplémentaires à propos des améliorations mises en œuvre cette année, présentés par secteur du GIEC et par catégorie des Tableaux communs de déclaration (TCD) de la CCNUCC.

8.2.1. Recommandations d'examen de la CCNUCC

Jusqu'en 2023, le rapport d'inventaire du Canada était normalement examiné chaque année par une équipe d'examen composée d'experts (EEE) suivant les directives d'examen de la CCNUCC[2] telle qu'elles ont été adoptées dans la Décision 13/CP.20 en 2014. À compter de 2025, conformément à la Décision 18/CMA.1 (2018) et à l'article 13 de l'Accord de Paris, les informations soumises par chaque Partie feront l'objet d'un examen technique par l'équipe d'experts (ETEE) conformément aux MPL. Tous les 2 ans, ces examens examineront les informations présentées dans le RIN et le rapport biennal sur la transparence (RBT)[3]. Le RBT résume une partie des informations présentées dans le RIN, mais il comprend également des renseignements sur les progrès réalisés vers les Contributions déterminées au niveau national (CDN), les politiques et mesures, les effets des changements climatiques et l'adaptation à ceux-ci, les degrés de financement, de développement et de transfert de technologies et de soutien au renforcement des capacités, et les zones d'amélioration. Les Parties à l'Accord de Paris doivent présenter un RBT tous les deux ans, le premier devant être remis avant la fin 2024.

Les examens sont coordonnés par le secrétariat de la CCNUCC, et les membres des EEE (ou maintenant appelé l'équipe d'experts chargée de l'examen technique [EEET] en vertu de l'Accord de Paris) sont des experts en matière d'inventaire venant de pays développés et de pays en développement. L'objectif de cet examen est de présenter une évaluation technique rigoureuse et exhaustive quant à l'application de la Convention et au respect des exigences de déclaration. Une fois l'examen terminé, l'EEET émet des commentaires de nature technique sur toutes les questions de méthodologie ou de procédure qui ont été soulevées. Elle se penche sur les cas où les principes directeurs de transparence, d'uniformité, de comparabilité, d'exhaustivité et de précision de l'inventaire pourraient être améliorés. Le résultat de cet examen est présenté dans un rapport d'examen (nommé rapport sur l'examen technique de l'équipe d'experts [RETEE] en vertu de l'Accord de Paris) qui est remis au pays faisant l'objet de l'examen et rendu public par la CCNUCC.

Les années où la CCNUCC n'exige aucun RBT, le RIN du Canada fera l'objet d'un examen simplifié, au lieu d'un ETEE. Un examen simplifié consiste en une évaluation initiale de l'exhaustivité et de la cohérence avec les MPL sur des aspects prédéterminés, extraits des TCD et pour la plupart quantitatifs. Mené par le Secrétariat de la CCNUCC, ce type d'examen est conforme aux procédures mises sur pied par les examinateurs principaux. Les résultats de cette évaluation initiale, qui seront publiés sur le site Web de la CCNUCC, feront partie de l'ETEE ultérieur du RIN.

Les recommandations de l'EEE, à partir de 2023 et avant, ont été prises en compte lors de la détermination des améliorations potentielles pour cette année. Le dernier rapport d'examen effectué par l'EEET est accessible sur le site Web de la CCNUCC[4]. Un outil de suivi regroupant l'ensemble des recommandations de l'EEET et leur état d'avancement est accessible sur le portail des données ouvertes du gouvernement du Canada.

Les changements méthodologiques apportés cette année qui donnent suite aux recommandations de l'EEET comprennent :

- l'intégration des émissions provenant de l'utilisation de carbonates dans la production de granules de minerai de fer;
- des révisions aux méthodes servant à estimer les facteurs de conversion du méthane dans la production laitière et les systèmes de gestion des fumiers liquides dans le secteur de l'Agriculture;
- l'ajustement des émissions liées à l'épandage de chaux visant à tenir compte des impuretés présentes dans le calcaire et la dolomite épandus sur les terres cultivées;
- l'intégration des émissions et des absorptions aux sous-catégories Terres humides converties en établissements et Terres humides dont la vocation n'a pas changé;
- l'intégration des émissions provenant du brûlage des déchets résidentiels et du compostage de ces derniers.

2 Les Directives pour l'examen technique des informations communiquées au titre de la Convention, relatives aux inventaires de GES, aux rapports biennaux et aux communications nationales des Parties visées à l'Annexe I de la Convention peuvent être consultées ici : http://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/fre/10a03f.pdf (page 3).

3 Plus de détails sur la portée des examens techniques par l'équipe d'experts, y compris sur les exclusions de son champ d'application, sont disponibles dans les MPL.

4 Voir la colonne sur le rapport sur l'examen technique de l'équipe d'experts (RETEE)] : Technical Expert Review Report (TERR), ligne du Canada. Disponible en ligne : https://unfccc.int/fr/node/633087 (en anglais seulement)

8.2.2. Améliorations continues

L'équipe responsable de l'inventaire des GES met aussi de l'avant des améliorations fondées sur l'évolution des connaissances scientifiques, des procédures d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et de vérification (conformément au plan d'AQ/CQ), de méthodes de modélisation nouvelles et novatrices ou de nouvelles sources de données sur les activités. La mise en application des améliorations se fait selon un ordre de priorité qui repose sur la prise en considération des résultats de l'analyse des catégories clés et des incertitudes, du degré d'effort requis et de l'importance des améliorations. Parmi les mesures d'amélioration continue mises en œuvre dans l'inventaire de cette année, il y a notamment les suivantes :

- mise à jour des paramètres du modèle des émissions fugitives provenant des fuites liées aux équipements dans le secteur du pétrole et gaz en amont en Alberta;
- mise à jour de la teneur en carburants renouvelables dans les carburants de transport;
- réattribution des émissions des secteurs des Produits chimiques, des Autres industries manufacturières et du Raffinage du pétrole aux Autres industries énergétiques afin de déclarer de manière transparente les émissions issues de la Fabrication de biocombustibles;
- intégration de la production des terres rares dans l'inventaire;
- améliorations dans le secteur de l'ATCATF : mise à jour des paramètres de décomposition de la matière organique morte (MOM) dans les forêts aménagées, données sur les activités d'aménagement des forêts et des feux de forêt pour la catégorie des Terres forestières, et révision des données sur les activités et des coefficients d'émission (CE) pour les Terres inondées dans la catégorie des Terres humides;
- amélioration continue des modèles sur les déchets à l'aide de paramètres propres aux déchets pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (DSM) et de déchets de bois industriels ainsi que pour le traitement et le rejet des eaux usées.

8.3. Améliorations prévues à l'inventaire

L'inventaire officiel des GES du Canada identifie et permet le suivi des améliorations possibles prévues aux estimations des émissions (dont les données sur les activités sous-jacentes, les CE et les méthodologies). Les mesures d'amélioration prévues sont fondées sur des recommandations tirées d'une variété de sources, y compris des processus d'examen externes, des travaux menés en collaboration avec des experts des secteurs de l'inventaire et de l'industrie, d'autres ministères et le milieu universitaire.

De plus, les activités d'amélioration prévues (Tableau 8–5) sont classées en ordre de priorité en tenant compte de l'analyse des catégories clés, des activités d'AQ/CQ, des évaluations de l'incertitude, du degré d'effort et de l'importance des améliorations. Même si la quantification de l'incertitude liée aux estimations des émissions (Annexe 2) aide à établir les priorités quant aux activités d'amélioration pour les inventaires à venir, l'incertitude, en elle-même, n'est pas un indicateur des changements éventuels découlant des activités d'amélioration continue. Le Tableau 8–4 et le Tableau 8–5 sont mis à jour annuellement pour faire le suivi de l'état d'avancement de la mise en œuvre des améliorations apportées à l'inventaire.

Un plan d'amélioration interministériel plus détaillé a été élaboré pour l'estimation des émissions de GES liées aux catégories des Terres forestières et des Produits ligneux récoltés, affectées au secteur de l'ATCATF, comme décrit à la section 8.3.1.

8.3.1. Plan d'amélioration pour l'estimation des émissions de gaz à effet de serre des Terres forestières et des Produits ligneux récoltés

Le plan d'amélioration pour l'estimation des émissions de GES pour les Terres forestières et les Produits ligneux récoltés (RNCan et ECCC, 2024) a été élaboré et est mis à jour conjointement chaque année par l'équipe de la comptabilisation du carbone du Service canadien des forêts à Ressources naturelles Canada (ECC-SCF-RNCan) et par la Division des inventaires et rapports sur les polluants de la Direction générale des sciences et de la technologie à Environnement Changement climatique Canada (DIRP-S&T-ECCC) et approuvé par le Comité de surveillance des directeurs des deux ministères. Le calendrier des mises à jour est réévalué chaque année en fonction des progrès réalisés sur le plan scientifique et technique, les priorités changeantes et la disponibilité des ressources.

Le plan d'amélioration présente un résumé des récentes consultations menées par le gouvernement fédéral sur la quantification du carbone provenant du secteur des terres. Le gouvernement a consulté des experts et des intervenants dans le cadre de multiples forums afin de cerner les lacunes en matière de connaissances et d'information et de hiérarchiser les contributions au processus qui sous-tend les rapports sur les émissions de carbone dans le but d'élaborer et d'améliorer continuellement l'inventaire du secteur ATCATF. Au début de la mise au point de la méthodologie de production de rapports sur les terres forestières, le SCF de RNCan a amorcé l'élaboration d'un Plan d'action pour la science du carbone forestier au Canada. Préalablement à la mise en œuvre de la méthodologie utilisée pour orienter la production de rapports sur la composante anthropique de l'aménagement forestier, le SCF de RNCan et ECCC ont, en 2016, commandé et organisé un examen international. Au cours des quatre dernières années, ECCC a dirigé ou commandé des consultations, comme le

processus Science du climat 2050, l'Atelier sur la recherche sur le cycle du carbone au Canada de 2019 ou le récent rapport du Conseil des académies canadiennes sur les Solutions climatiques basées sur la nature. De plus, des représentants ministériels ont également participé à des discussions avec des groupes environnementaux qui ont publié des rapports au sujet de la déclaration et la comptabilisation du carbone forestier. La consultation la plus récente portait directement sur la science du carbone et comprenait des représentants du gouvernement, du milieu universitaire, de l'industrie et des organisations environnementales; le *Plan d'action sur la science du carbone forestier au Canada 2023* a été achevé en 2023 et publié en 2024. Les projets qui ont été élaborés dans le cadre du processus d'amélioration de la planification reflètent ces dialogues ainsi que les recommandations de la part de l'EEE de la CCNUCC.

Le plan d'amélioration comprend des projets qui 1) peuvent être opérationnalisés[5] dans le cadre de l'inventaire en moins de trois ans (comprenant une phase d'essai); 2) pourront apporter des améliorations mesurables et valables dans la représentation des émissions anthropiques et des absorptions déclarées dans l'inventaire des GES dans les catégories des Terres forestières et des Produits ligneux récoltés et dans des catégories liées à la conversion des forêts, y compris leur exactitude, leur uniformité, leur transparence et leur exhaustivité; et 3) pourraient impliquer, sans toutefois s'y limiter, l'élaboration des données sur les activités nouvelles ou mises à jour, des algorithmes améliorés, une validation et un étalonnage indépendants menant à une amélioration des paramètres.

Le plan d'amélioration associé à la présentation de l'inventaire des GES de 2026 représente la septième édition du plan applicable sur une période de trois ans (de 2026 à 2028) sur les émissions et les absorptions des GES provenant des forêts, des changements d'affectation des terres touchant les forêts et les PRL qui sont déclarées dans le RIN. La période actuelle de trois ans comprend des améliorations mises en œuvre dans la soumission actuelle de l'inventaire, comme indiqué au Tableau 8–4.

Plusieurs améliorations sont prévues dans la catégorie des Terres forestières de la prochaine soumission de l'inventaire, quelques précisions sur les modifications les plus importantes sont fournies à la section 6.3.1.6. Le Tableau 8–5 comprend un résumé des projets d'amélioration, et le plan d'amélioration complet est publié chaque année sur la page Web de Données ouvertes du gouvernement du Canada.

Tableau 8–4 **Améliorations apportées au RIN 2026 du Canada**

Secteur du GIEC	Catégorie des TCD	Amélioration	Description et fondement de l'amélioration prévue	Section du RIN pour plus de détails
Énergie (combustion de sources fixes)	Autres industries énergétiques (1.A.1.c.iii)	Réattribution des émissions visant à déclarer de manière transparente les émissions issues de la Fabrication de biocombustibles	Cette mise à jour rend les estimations des GES plus transparentes en déclarant les émissions issues de la fabrication de biocarburants dans une catégorie distincte, plutôt que de les répartir entre plusieurs secteurs. Des données provenant des installations, recueillies par Statistique Canada, ont servi à réattribuer les données sur les activités des catégories Produits chimiques, Autres industries manufacturières et Raffinage du pétrole à la catégorie Autres industries énergétiques.	section 3.2.1.5
Énergie (émissions fugitives)	Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Mises à jour des paramètres du modèle pour les fuites fugitives d'équipement	Cette mise à jour améliore les estimations des émissions provenant des fuites d'équipement en Alberta et au Manitoba. Les paramètres du modèle ont été actualisés de façon à mieux refléter l'incidence des programmes de détection et de réparation des fuites (DERF) mis en œuvre conformément aux règlements provinciaux et fédéraux sur le méthane en vigueur depuis 2020.	section 3.3.2.5
	Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Mises à jour des données sur la composition du gaz naturel en Colombie-Britannique.	Cette mise à jour intègre les données publiques sur la composition du gaz provenant de British Columbia Energy Regulator (BCER) dans les estimations des émissions fugitives du secteur pétrolier et gazier. Les mises à jour des compositions du gaz naturel brut influent sur plusieurs sources d'émissions, notamment le torchage, l'évacuation et d'autres fuites non intentionnelles. L'utilisation de données provinciales fait en sorte que les estimations des émissions fugitives en Colombie-Britannique reflètent mieux les variations de la production pétrolière et gazière au fil du temps.	section 3.3.2.5
	Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Mises à jour des puits abandonnés	De nouveaux CE du méthane ont été adoptés pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés. Ces nouveaux CE intègrent des mesures directes réalisées en Saskatchewan, qui n'étaient pas incluses dans les études de terrain précédentes, ainsi que des mesures supplémentaires en Alberta. Vu la taille accrue des échantillons, ces nouveaux CE sont plus représentatifs des puits abandonnés au Canada, ce qui donne des estimations d'émissions plus précises.	section 3.3.2.5
	Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Mises à jour des émissions provenant de la production à froid de pétrole lourd et de la production de pétrole lourd thermique	L'extrapolation des émissions fugitives provenant de la production de pétrole lourd à froid et de pétrole lourd thermique en Saskatchewan a été mise à jour, et ce, pour se baser sur les volumes de production à froid de pétrole lourd et les volumes de production du pétrole lourd thermique, plutôt que sur la production totale de pétrole lourd utilisée auparavant. Cette méthode permet de mieux refléter les changements de ces sous secteurs dans la province au fil du temps. De plus, les estimations des émissions antérieures ont été révisées de façon à correspondre aux pratiques opérationnelles des sous secteurs de production du pétrole lourd en Alberta et en Saskatchewan.	section 3.3.2.5
	Torchage – Pétrole (1.B.2.c.ii.1)	Mises à jour des estimations liées au torchage dans les raffineries de pétrole	Cette mise à jour repose sur des données recueillies conformément aux exigences élargies du PDGES pour améliorer la précision des estimations d'émission liées au torchage dans les raffineries de pétrole.	section 3.3.2.5

5 « Opérationalisés » signifie être intégrés dans le processus annuel de production de l'inventaire.

Tableau 8–4 **Améliorations apportées au RIN 2026 du Canada** (suite)

Secteur du GIEC	Catégorie des TCD	Amélioration	Description et fondement de l'amélioration prévue	Section du RIN pour plus de détails
Énergie (émissions provenant du transport)	Transport (généralités)	Mises à jour de la teneur en carburants renouvelables des carburants de transport	Cette mise à jour améliore la précision des volumes de carburants renouvelables utilisés par les sources de transport. Les teneurs en carburants renouvelables ont été mises à jour dans plusieurs méthodologies d'émissions dans le secteur des transports, de manière que le total des volumes de carburants renouvelables corresponde à ceux déclarés par Navius Research (Navius Research, 2019).	section 3.2.3.5
	Transport maritime intérieur (1.A.3.d) Pêches (1.A.4.c.iii) Transport maritime militaire (1.A.5.b) Transport maritime international (soutes maritimes) (1.D.1.b)	Mises à jour des informations sur les moteurs auxiliaires et réattribution des émissions provenant des navires maritimes à quai	De meilleures informations sur les moteurs auxiliaires permet de rendre les estimations de la consommation de carburant des navires maritimes plus précises. Les émissions à quai produites dans les ports canadiens, auparavant associées aux voyages internationaux entrants, ont été réattribuées à la catégorie du secteur du Transport maritime international. Cette réattribution permet au Canada de comptabiliser toutes les émissions produites dans les ports canadiens.	section 3.2.3.5
	Transport hors route (généralité)	Mises à jour du modèle NONROAD	Cette mise à jour rend plus précise la méthodologie des émissions hors route en migrant le modèle NONROAD d'un environnement MS-DOS à un environnement SQL. La version précédente de NONROAD ne respectait pas entièrement les distributions d'âge des moteurs définies par l'utilisateur, en raison de quoi les estimations des taux de consommation de carburant étaient moins précises.	section 3.2.3.5
PIUP	Production de ciment (2.A.1)	Correction des données sur les activités de 2018	À la suite d'une recommandation de l'EEET, une valeur aberrante des données sur les activités a été examinée et corrigée pour l'année de données 2018.	section 4.2.1.5
	Production sidérurgique (2.C.1)	Intégration des émissions provenant de l'utilisation de carbonates pour la production de granules de minerai de fer	Selon les recommandations de l'EEET, une estimation des émissions de CO_2 de Niveau 1, résultant de l'utilisation de carbonates dans la production de granules de minerai de fer, a été ajoutée à l'inventaire. Les données sur les activités liées aux granules de minerai de fer ont été recueillies à partir de diverses sources, notamment Statistique Canada, RNCan, les rapports annuels des entreprises et le PDGES pour calculer la série chronologique.	section 4.4
	Production des terres rares (2.C.7.a)	Intégration comme catégorie dans l'inventaire	Cette catégorie a été intégrée à l'inventaire à l'aide de données sur les activités de Niveau 1, recueillies à partir de sources en ligne, ainsi que des CE par défaut issus du GIEC, 2019.	section 4.4
	Utilisations de produits comme substituts de SAO (HFC, 2.F)	Rectifications des données sur les activités pour 2010, 2013 et 2014	À la suite de certaines valeurs aberrantes relevées par la CCNUCC lors de son examen simplifié des séries chronologiques du RIN 2025, des révisions ont été effectuées pour rectifier des erreurs dans les données sur les activités.	section 4.7
Agriculture	Gestion des fumiers (3.B)	Amélioration des FCM	À la suite d'une recommandation de l'EEET, une série chronologique des FCM calculée à partir de la température moyenne annuelle régionale a été appliquée aux secteurs des porcs et des bovins laitiers.	sections 5.3.1.2 et A3.4.3.4
	Sols agricoles (3.G-J)	Intégration des impuretés dans l'épandage de chaux	À la suite d'une recommandation de l'EEET, les données sur les activités ont été mises à jour pour tenir compte des impuretés contenues dans la chaux et la dolomite épandues sur les terres cultivées.	sections 5.6.6 et A3.4.8.1
ATCATF	Terres forestières (4.A)	Amélioration des taux de décomposition et des autres paramètres liés à la MOM	Les paramètres de décomposition des réservoirs de MOM ont été révisés à partir d'une calibration bayésienne des paramètres du modèle MBC-SFC3, fondée sur les données en lien avec les parcelles de l'Inventaire forestier national (IFN).	sections 6.3.1.5 et A3.5.2.1
	Produits ligneux récoltés (4.G)	Mises à jour des types d'appareils résidentiels de bioénergie et des CE	La classification des appareils résidentiels de bioénergie et les CE ont été mis à jour à partir d'une étude empirique portant sur des appareils canadiens représentatifs dans un environnement contrôlé, ce qui a donné une meilleure représentation des émissions provenant de la combustion de bois résidentielle dans le SNSCPRCF-PLR, le modèle de la dynamique du carbone pour les PLR.	sections 6.4.5 et A3.5.3
	Produits ligneux récoltés (4.G)	Améliorations du modèle de répartition du carbone	Déjà implémentée à l'aide du logiciel ANSE, la répartition du carbone dans le modèle des PLR a été améliorée grâce à une nouvelle fonctionnalité qui remplace les répartitions basées sur des proportions par des répartitions basées sur des cibles lorsque des données sur les activités existent.	sections 6.4.5 et A3.5.3
	Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (4.B)	Rectification du C des résidus de cultures s'ajoutant au sol	Les estimations de carbone des résidus de culture ont été corrigées par la révision d'une procédure qui excluait les valeurs aberrantes élevées et faibles lors du calcul des apports de carbone aux sols, ce qui entraînait une légère perte nette ou une surestimation du carbone des résidus de culture restitué annuellement aux sols.	sections 6.5 et A3.5.4
	Terres humides dont la vocation n'a pas changé (4.D.1) Terres converties en terres humides (terres inondées) (4.D.2.b)	Mises à jour des données sur les activités et des CE pour le CH_4 et le CO_2	La mise à jour méthodologique remplace les CE fondés sur un ensemble de données limitées découlant d'une seule région du Canada par des CE modélisés et propres aux régions qui tiennent compte des variations régionales des paramètres qui influent sur les émissions annuelles, comme la température et les caractéristiques des bassins hydrographiques. La nouvelle méthode comprend désormais les émissions de CH_4 en plus du CO_2, ce qui représente les émissions des terres inondées de façon plus complète. Les mises à jour des données sur les activités comprennent un ensemble de données plus exhaustif sur les réservoirs au Canada, y compris les réservoirs inondés antérieurement qui continuent d'émettre du méthane.	sections 6.7 et A3.5.6.2
	Terres humides dont la vocation n'a pas changé (4.D.1) Terres humides converties en établissements (4.E.2.d)	Amélioration des changements d'affectation des terres	Dans le but d'améliorer l'exhaustivité des sous-catégories du secteur ATCATF déclarées comme non estimées (NE), une nouvelle méthodologie a été appliquée conformément à une recommandation de l'EEET, méthodologie servant à estimer les émissions et les absorptions de C causées par la conversion et l'aménagement des terres humides lors des activités d'extraction des ressources dans la région des sables bitumineux en Alberta.	sections 6.7 et A3.5.6.3
	Représentation des terres (4.1)	Améliorations des changements d'affectation des terres	À la suite d'une recommandation de l'EEET, les superficies des terres non aménagées se sont ajoutées à la représentation des terres du TCD 4.1. Ce changement n'a aucune incidence sur les estimations des émissions.	sections 6.2 et A3.5.1
Déchets	Traitement et rejet des eaux usées municipales (5.D.1)	Application des données sur les activités de Niveau 2 pour les émissions de CH_4 provenant des rejets vers les plans d'eau récepteurs	Les rejets d'effluents des stations de traitement des eaux usées ont été associés à la classification de plans d'eau (p. ex. lac, réservoir, rivière, estuaire). Les émissions de CH_4 provenant de cette source sont désormais calculées à l'aide des CE propres aux types de plans d'eau du GIEC 2019. Auparavant, toutes les émissions de CH_4 libérées étaient calculées à l'aide du CE par défaut de Niveau 1 du GIEC 2019 pour un Milieu aquatique non spécifié.	sections 7.6 et A3.6.4
	Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (5.A.1)	Remplacement des données sur les activités extrapolées par des estimations antérieures des quantités résiduelles de déchets de bois	Les émissions provenant des installations de déchets de bois industriels étaient auparavant estimées à partir de quantités extrapolées de résidus de déchets de bois, posées comme étant constantes de 1940 à 1981. Ces valeurs extrapolées ont été remplacées par des données antérieures dont les quantités de résidus de déchets de bois enfouis étaient plus faibles comparées aux estimations extrapolées.	sections 7.3 et A3.6.1
	Compostage des déchets résidentiels (5.B)	Intégration d'une nouvelle sous-catégorie	À la suite d'une recommandation de l'EEET, les émissions provenant du compostage des déchets résidentiels sont désormais incluses dans le RIN dans la catégorie Traitement biologique des déchets.	sections 7.4 et A3.6.2
	Combustion des déchets résidentiels (5.C)	Intégration d'une nouvelle sous-catégorie	À la suite d'une recommandation de l'EEET, les émissions provenant de la combustion des déchets à l'air libre dans des environnements résidentiels sont désormais comprises dans le RIN dans la catégorie Incinération.	sections 7.5 et A3.6.3

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada**

Secteur du GIEC	Catégorie des TCD	Amélioration	Description
Énergie	Utilisation de combustibles (1.A)	Amélioration du suivi de carburants à faible teneur en carbone	Des travaux sont en cours pour améliorer le suivi et la répartition des émissions associés à la combustion de carburants à faible teneur en carbone (p. ex. bioéthanol, biodiésel, gaz naturel renouvelable, etc.)
	Utilisation de combustibles (1.A)	Mises à jour des CE pour les carburants à teneur en carbone variable	Des travaux sont en cours pour analyser les données déclarées au PDGES d'ECCC afin d'améliorer les CE pour les carburants dont la teneur en carbone varie, comme le gaz de distillation, le gaz naturel et le coke de pétrole.
	Utilisation de combustibles – Autres secteurs (1.A.4)	Analyse et intégration des gaz de digesteurs dans les estimations des émissions	Des travaux sont en cours visant à intégrer les émissions des gaz de digesteurs à la ferme employés à des fins énergétiques dans le modèle de combustion de sources fixes.
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Intégration des émissions fugitives issues de la production et de l'exportation du gaz naturel liquéfié (GNL)	À l'heure actuelle, les émissions issues des installations d'exportation de GNL sont comprises dans les estimations d'émissions. Des travaux sont en cours pour répartir les émissions et ainsi les déclarer de façon transparente comme un sous-secteur distinct du pétrole et du gaz dans les estimations liées aux secteurs économiques. De plus, les émissions déclarées au PDGES et les données volumétriques déclarées aux organismes réglementaires provinciaux seront évaluées pour garantir leur exhaustivité en ce qui a trait aux estimations des émissions.
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Amélioration continue des données sur la composition du gaz naturel et des estimations d'incertitude dans le secteur du pétrole et du gaz en amont	En collaboration avec le groupe de recherche sur la qualité de l'air et les émissions (CAER) de RNCan, des travaux sont en cours pour améliorer les principaux paramètres du modèle dans le secteur du Pétrole et gaz en amont. Le CAER est en train de mettre au point une méthode d'apprentissage automatique générant des compositions de gaz propres à la localisation géographique à l'aide d'une méthode uniforme pour toutes les provinces de l'Ouest, méthode qui pourra servir au calcul des émissions. Ces travaux pourraient également mener à de meilleures estimations d'incertitude.
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Analyse des données déclarées afin d'améliorer les estimations fugitives découlant des fuites d'équipement	Des travaux sont en cours pour examiner et analyser les données déclarées au programme de déclaration des GES industriels de la Colombie-Britannique et au système de déclaration OneStop de l'Alberta pour faire en sorte que les estimations des émissions associées aux fuites d'équipement suivent avec exactitude l'incidence des programmes de détection et de réparation des fuites (DERF) sur les émissions pétrolières et gazières en amont.
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel et autres émissions provenant de la production énergétique (1.B.2)	Émissions fugitives de raffinage du pétrole	Des travaux sont en cours pour évaluer les données recueillies dans le cadre élargi PDGES d'ECCC dans le but d'améliorer la qualité des émissions de raffinage du pétrole issues de l'évacuation et des fuites accidentelles.
	Transport (généralités)	Évaluation et mise à jour de la teneur en carburant renouvelable des carburants de transport	Des travaux sont en cours pour évaluer et mettre à jour les valeurs moyennes de teneur en carburant renouvelable utilisées comme intrant dans plusieurs méthodologies d'émissions liées au transport, pour l'ensemble de la série chronologique.
	Transport routier (1.A.3.b)	Adoption de MOVES5	Des travaux sont en cours pour adopter la dernière version du simulateur d'émission des véhicules à moteur (MOVES5) de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Les changements notables par rapport à MOVES3 comprennent la mise à jour des taux de consommation d'énergie et des taux d'émission de N_2O associés aux véhicules lourds. De plus, MOVES5 sera exécuté de façon à mieux respecter les données du parc canadien de véhicules routiers pour toutes les années de déclaration.
	Transport routier (1.A.3.b)	Mises à jour des populations de véhicules routiers	Des travaux sont en cours pour mettre à jour les données sur le parc de véhicules routiers servant à allouer les données de Statistique Canada sur l'enregistrement des véhicules aux bonnes catégories du GIEC. Il se peut que les données sur le parc de véhicules routiers servent directement d'intrants à MOVES en attendant leur examen approfondi.
	Transport hors route (généralités)	Mise à jour des CE du CH_4 et du N_2O	Des travaux sont en cours pour mettre à jour les CE du CH_4 et du N_2O selon les plus récentes données sur les émissions des moteurs immatriculés.
	Transport hors route (généralités)	Mise à jour des distributions géographiques du parc de moteurs hors route	Des travaux sont en cours pour mettre à jour les distributions géographiques servant à quantifier le parc de moteurs hors route modélisés par province et territoire à l'aide des plus récentes données géospatiales.
	Transport maritime intérieur (1.A.3.d) Pêches (1.A.4.c.iii) Transport maritime militaire (1.A.5.b) Transport maritime international (soutes maritimes) (1.D.1.b)	Mise à jour des données sur l'activité maritime	Des travaux sont en cours pour recompiler les données sur les déplacements des navires à partir de l'Outil d'affichage d'inventaire des émissions marines pour mieux attribuer les émissions (aux échelles nationale et provinciale). Une partie des travaux de recompilation consiste à redéfinir des objets géoréférencés, à mettre au point de nouveaux outils spatiaux et à appliquer des mesures de CQ supplémentaires.
PIUP	Production de dioxyde de titane (2.B.6)	Collecte de données sur les activités et déclaration de la catégorie dans l'inventaire.	Les émissions des procédés sont actuellement incluses ailleurs dans les catégories 1.A.2.b, 1.A.2.c et 2.C.3 des TCD. Des efforts sont déployés pour recueillir des données sur les activités qui permettraient de réaffecter les émissions d'autres catégories à cette catégorie.
	Production d'oxyde d'éthylène (2.B.8.d)	Collecte de données sur les activités afin d'appliquer une méthode de Niveau 2 et prise en compte du captage et stockage de carbone permanents	Présentement, les estimations des émissions de Niveau 1 sont établies à partir des données de production et d'une combinaison de CE par défaut du GIEC et de CE de 2010 déterminés par des experts. Des travaux sont en cours pour obtenir des données sur les activités au niveau des installations, y compris des renseignements sur le captage et le stockage du carbone, pour améliorer la précision des estimations d'émissions.
	Production sidérurgique (2.C.1.e)	Améliorer les CE de la production de granules de minerai de fer	À l'heure actuelle, les émissions de cette catégorie sont calculées par une estimation de Niveau 1 à l'aide du coefficient par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC. Une amélioration ultérieure comprend l'établissement d'un CE de Niveau 2 propre au pays adapté uniquement à l'usage du carbonate. En outre, des travaux auront lieu visant à séparer les émissions de la combustion associées à la production de granules de minerai de fer dans les catégories 1.A.2.a à 2.C.1.e.
	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (2.D)	Mise à jour des CE pour divers produits pétroliers non énergétiques et le gaz naturel	Des CE ont été établis pour divers produits pétroliers non énergétiques et le gaz naturel, compte tenu d'études effectuées respectivement en 1992 et en 2005. Il est prévu d'évaluer si ces CE sont toujours valides et de les mettre à jour, au besoin.
	Utilisations de produits comme substituts de SAO (HFC, 2.F)	Mise à jour annuelle des données sur les importations et les exportations d'articles fabriqués contenant des HFC	Dans le but de mettre à jour les données sur les importations et les exportations d'articles contenant des HFC, d'autres sources de données sont à l'étude.

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada** (suite)

Secteur du GIEC	Catégorie des TCD	Amélioration	Description
PIUP (suite)	Utilisations de produits comme substituts de SAO (HFC, 2.F et 2.F.2)	Mise à jour des CE en fin de vie pour les HFC dans les appareils de réfrigération, de climatisation et d'expansion de mousses	Pour examiner la possibilité de mises à jour des CE, des sources de données quantitatives sur les pratiques récentes en fin de vie sont à l'étude.
	Équipement électrique (2.G.1)	Déclaration des émissions de CF_4	Actuellement, seul le SF_6 est déclaré dans cette catégorie de source. Il est prévu de déclarer les émissions de CF_4 également, car il peut être utilisé avec le SF_6 dans certains équipements électriques.
	Production d'hydrogène (2.B.10.a)	Inclusion des émissions de CO_2 résultant des installations autonomes de production d'hydrogène au Canada	Des travaux sont en cours pour estimer les émissions de CO_2 provenant de la production d'hydrogène à l'aide des méthodes présentées dans le document de Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC.
	SF_6 et PFC dans d'autres produits (2.G.2)	Collecte des données et évaluation de l'importance	Cette catégorie est actuellement déclarée comme « non estimée ». L'importance des émissions de cette catégorie sera évaluée. Une collecte de données sur les activités est prévue et l'analyse des données historiques existantes est en cours.
	Émissions de PFC imputables à l'utilisation d'autres produits confinés (2.G.4)	Réaffectation de toutes les données sur les activités à d'autres catégories des TCD, comme les applications dans les catégories 2.E.1, 2.F et 2.G.2 des TCD	À la suite d'une recommandation de l'EEET, la révision des données sur les activités contribuant à la catégorie 2.G.4 des TCD est en cours.Les sources de données antérieures sont actuellement étudiées pour que les données sur les activités soient réaffectées aux bonnes catégories.
Agriculture	Fermentation entérique / Gestion des fumiers (3.A et 3.B) Sols agricoles (3.D)	Ajout de nouveaux renseignements sur la nutrition animale	Selon une recommandation de l'EEET indiquant que les données sur la production n'ont pas été examinées récemment, des améliorations continues à la série chronologique sur la nutrition des animaux sont envisagées par l'examen et la compilation de multiples sources de données. Même si la priorité est accordée au secteur des bovins de boucherie, des améliorations mineures seront apportées au besoin au secteur des bovins laitiers et au secteur porcin. Des données ont été recueillies et analysées, mais de nouvelles techniques d'apprentissage automatique sont en cours d'évaluation et l'élaboration du modèle n'est pas achevée. L'approbation d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et l'harmonisation avec les méthodes utilisées par celle-ci sont requises, particulièrement en ce qui a trait aux méthodes servant à estimer la volatilisation d'ammoniac, avant la mise en application de la base de données.
	Fermentation entérique / Gestion des fumiers (3.A et 3.B) Sols agricoles (3.D)	Mise à jour des paramètres sur la nutrition des bovins laitiers	D'après une recommandation de l'EEET indiquant que les données sur la production n'ont pas été examinées récemment, la série chronologique sur la nutrition des bovins laitiers actuellement utilisée pour suivre les changements de l'alimentation et les caractéristiques des bovins laitiers est en train d'être élargie. Les mises à jour apportées aux données sur la nutrition des bovins laitiers sont tirées des années suivant 2010. Les données ont été acquises et sont en cours d'analyse. Leur approbation par AAC et leur harmonisation avec les méthodes de celle-ci seront suivies de la mise en application de la base de données.
	Gestion des fumiers (3.B)	Ajout de nouveaux renseignements sur les systèmes de gestion des fumiers	Vu la nécessité d'intégrer de nouvelles données dans les modèles, des travaux sont actuellement en cours pour intégrer des données provenant de multiples enquêtes en vue de représenter de façon cohérente les modifications des systèmes de stockage des fumiers dans le secteur des bovins de boucherie au cours de la période de déclaration, de mieux saisir les changements dans les pratiques agricoles et de rendre les estimations des émissions plus précises. Les données ont été recueillies et analysées, mais des techniques d'apprentissage automatique sont envisagées et doivent être approuvées et harmonisées avec les méthodes d'AAC, particulièrement en ce qui a trait aux méthodes servant à estimer la volatilisation d'ammoniac, et ce, avant la mise en application de la base de données.
	Sols agricoles (3.D)	Intégration des estimations des émissions de N_2O provenant de l'épandage de compost sur les sols	L'existence de nouvelles données peut permettre de déclarer les émissions de N_2O provenant de l'épandage de compost sur les sols agricoles. Un contrat visant à recueillir de l'information sur l'épandage de compost au Canada a été effectué. Les données sont en cours d'analyse, après quoi elles seront harmonisées et intégrées à la méthodologie actuelle visant les engrais organiques azotés.
	Incinération des résidus agricoles dans les champs (3.F)	Amélioration des estimations des émissions produites par l'incinération des résidus de culture	Des données plus récentes sur l'incinération des résidus de culture existent dans les dernières versions de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale et l'Enquête sur la gestion des fermes, mais elles n'ont pas encore été employées aux fins de l'estimation des émissions de GES. Des données sur l'incinération des résidus agricoles dans les champs seront extraites et intégrées dans la base de données.
ATCATF	Intersectoriel	Traiter l'exhaustivité des sous-catégories de l'ATCATF incluant des estimations portant la mention Non estimées (NE)	Une recommandation de l'EEET indique que le Canada doit améliorer l'exhaustivité des données déclarées sur les réservoirs de carbone dans les catégories obligatoires portant actuellement la mention « NE ». Des progrès continus sont prévus dans chaque version postérieure du RIN.
	Intersectoriel	Élaboration d'un plan et d'un échéancier pour l'estimation et la déclaration des incertitudes associées à l'ensemble des sous-catégories de l'ATCATF	L'EEET a noté que le Canada a analysé en détail les incertitudes liées à la plupart des sous-catégories de l'ATCATF. Cependant, l'analyse de l'incertitude pour toutes les sous-catégories n'a pas encore été priorisée. Les estimations des incertitudes dans les catégories nouvelles et mises à jour ont été présentées dans les plus récents rapports. L'objectif du Canada est d'élaborer un plan pour estimer, actualiser et déclarer les incertitudes de l'ensemble des sous-catégories de l'ATCATF.
	Conversion des terres forestières et autres catégories de changement d'affectation des terres (pourraient avoir une incidence sur les catégories Terres cultivées, Terres humides, Établissements et Produits ligneux récoltés, c.-à-d. les catégories 4.B.2, 4.D.2, 4.E.2 et 4.G, respectivement)	Amélioration des changements d'affectation des terres	Dans le cadre des efforts visant à assurer l'exhaustivité des sous-catégories de l'ATCATF dont les estimations sont déclarées comme non estimées (NE), comme l'indique l'EEET, les améliorations comprennent : i) la comptabilisation de la déperdition de C issue du drainage des terres minérales dans les zones humides intérieures dans la région des cuvettes des Prairies; ii) l'amélioration de l'estimation relative au changement d'affectation des terres dans le nord de façon à prendre en compte les perturbations des terres humides; iii) l'évaluation des incidences de l'étalement urbain sur les stocks et les flux de C; iv) la mise à jour des données sur les activités d'anciennes périodes de déboisement utilisées dans le modèle MBC-SFC3; v) la mise à jour des hypothèses sur l'incidence du déboisement.
	Terres forestières (4.A) Produits ligneux récoltés (4.G)	Amélioration des données/processus/ paramètres de référence	Les améliorations en cours comprennent: i) la répartition spatiale de la récolte et de l'attribution du volume par rapport au C; ii) la mise à jour des données normales sur le climat; iii) l'intégration continue des données sur les activités associées aux récentes activités de boisement; iv) la mise à jour des inventaires provinciaux.

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada** (suite)

Secteur du GIEC	Catégorie des TCD	Amélioration	Description
ATCATF (suite)	Terres forestières (4.A) Combustion de biomasse (4 (V))	Améliorations des connaissances scientifiques	Les améliorations en cours comprennent : i) l'estimation des émissions des incendies de forêt par la variation de l'intensité de la combustion; ii) l'amélioration des activités de brûlage des résidus d'abattage en Colombie-Britannique; iii) l'intégration des estimations du brûlage dirigé de la biomasse dans les inventaires du RIN, des émissions de polluants atmosphériques et de carbone noir pour l'ensemble du pays.
	Terres forestières (4.A)	Validation méthodologique	Le Canada entreprendra des analyses pour valider certains aspects de sa méthodologie en lien avec les terres forestières, en particulier : i) la révision de la méthode de répartition naturelle/anthropique du Canada en relation avec les effets humains sur les feux de forêt dans les forêts aménagées, au moyen d'une consultation selon la méthode Delphi à laquelle participera un large groupe d'experts canadiens en matière de feux de forêt; ii) l'exploration des fluctuations historiques à long terme des émissions de carbone provenant de l'activité des feux et leur interaction avec la méthode de répartition naturelle/anthropique du Canada, au moyen de reconstitutions dendroécologiques de l'historique des feux sur plusieurs siècles; iii) la validation des estimations du MBC au moyen d'un réseau provincial de placettes d'échantillonnage permanentes.
	Produits ligneux récoltés (4.G)	Améliorations aux produits ligneux récoltés	Les améliorations comprennent ; i) l'ajout de précisions régionales aux paramètres de production et de vente des PLR employés dans le modèle sur les PLR; ii) le renforcement de l'analyse de l'incertitude des estimations liées aux PLR en prenant en compte l'incertitude intrinsèque aux intrants de C; iii) l'établissement de demi-vies propres au pays pour une partie importante de la production canadienne de PLR; iv) l'amélioration des connaissances et de la caractérisation relatives au bois de chauffage à usage industriel.
	Terres cultivées (4.B.1)	Modélisation intégrée du stockage du carbone dans le sol par des méthodes bayésiennes	Des ensembles de données provenant de la documentation scientifique canadienne sur le stockage du C dans le sol affecté par les pratiques de travail du sol, l'intensification des systèmes de culture et la conversion des cultures pérennes et annuelles, et des données sur le C du sol provenant d'études à long terme sur la rotation des cultures dans l'ensemble du Canada servent à améliorer le rendement des modèles par optimisation des méthodes bayésiennes (modèle RothC), la méthode de Niveau 2 en régime stable du GIEC, le modèle de dénitrification et de décomposition, et le modèle du bilan du carbone d'introduction (MBCI). Première étape de l'intégration : des travaux sont en cours pour inclure l'incidence du travail du sol et de la productivité des cultures à l'aide du modèle de Niveau 2 du GIEC.
	Terres cultivées (4.B.1)	Stockage du C dans le sol provenant de l'application de biosolides	Les émissions de N_2O du sol provenant de l'application de biosolides sont comptabilisées dans les sols agricoles, mais leur incidence sur le stockage du C dans le sol n'est pas encore incluse. Des travaux sont en cours pour mettre en place une méthode d'estimation du stockage de C dans le sol provenant de l'application de biosolides sur les Terres cultivées.
	Terres cultivées (4.B.1)	Amélioration relative à la biomasse ligneuse	Afin de mieux saisir les changements dans la biomasse ligneuse sur les terres cultivées résultant de l'intensification de l'agriculture et des efforts simultanés pour y planter des arbres, des travaux sont en cours pour améliorer l'estimation des variations de biomasse ligneuse des stocks de C dans les terres cultivées grâce à la collecte de données empiriques, aux données d'observation de la terre et aux méthodes d'apprentissage profond. Un modèle distribué d'âge et de catégorie de végétation est en cours de construction.
	Terres humides dont la vocation n'a pas changé (4.D.1) Terres converties en terres humides (Terres inondées) (4.D.2.b)	Amélioration des coefficients d'émission	Améliorer la connaissance et la validation des émissions de CH_4 et de CO_2 provenant des terres inondées grâce à des mesures sur le terrain.
	Terres humides dont la vocation n'a pas changé (4.D.1) Terres humides converties en établissements (4.E.2.d)	Amélioration du changement d'affectation des terres	Amélioration des estimations des émissions issues des sols des terres humides en raison des activités d'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux en Alberta, dont : i) la comptabilisation des émissions de CH_4 issues des sols saturés des terres humides; ii) l'intégration des terres humides boisées grâce à de meilleures estimations du déboisement, qui classent actuellement les terres humides boisées comme des terres hautes. Les estimations doivent être harmonisées avec la méthodologie de RNCan.
	Prairies converties en établissements (4.E.2.c) Établissements dont la vocation n'a pas changé (4.E.1)	Amélioration du changement d'affectation des terres	Amélioration de l'estimation des fuites de carbone relative au changement d'affectation des terres dans le Nord, qui comporte la comptabilisation des émissions issues i) des sols autres que le pergélisol, à l'aide des produits spatiaux et de la cartographie des perturbations existante; ii) ultimement du pergélisol, à l'aide de sources de données et de méthodes similaires (de nouvelles recherches seront nécessaires à cet effet).
	Établissements dont la vocation n'a pas changé (4.E.1.)	Amélioration du changement d'affectation des terres	Les améliorations comprennent : i) des mises à jour des données sur les activités de 2005, de 2015 et de 2020 par échantillonnage de photos aériennes numériques et d'images satellites à haute résolution afin d'estimer la proportion du couvert arboré urbain (CAU) dans les principales zones urbaines du Canada; ii) la mise à jour des limites des zones urbaines représentant mieux les établissements; iii) le perfectionnement des modèles dans le but d'améliorer les estimations de flux net provenant des arbres situés dans les zones urbaines.

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada** (suite)

Secteur du GIEC	Catégorie des TCD	Amélioration	Description
Déchets	Sites d'enfouissement municipaux (5.A.1)	Inclusion des émissions déclarées par les installations de Niveau 3	Des travaux sont en cours pour intégrer la modélisation des émissions au niveau des installations et les émissions déclarées par les installations.
	Sites d'enfouissement de déchets de bois (5.A.2)	Amélioration de la modélisation des émissions de déchets de bois	Les améliorations en cours comprennent la mise à jour des paramètres de modélisation de la décomposition de premier ordre en ce qui a trait aux sites d'enfouissement de déchets de bois massif industriels. Les efforts portent également sur l'amélioration de la caractérisation des produits de bois récoltés dans le flux de déchets.
	Traitement et rejet des eaux usées municipales (5.D.1)	Mise à jour relative à la population associée à la technologie de traitement des fosses septiques	L'amélioration comporte une séparation plus détaillée de la distribution spatiale des taux d'utilisation des fosses septiques de façon à inclure les petites et moyennes villes. Les méthodes actuelles évaluent l'utilisation des installations septiques au niveau des grandes villes (régions métropolitaines de recensement), le reste des provinces et territoires étant évaluées comme une seule région. De plus, les mises à jour de l'utilisation d'installations septiques régionales influeront sur les estimations de population recourant à un réseau de traitement centralisé.
	Traitement et rejet des eaux usées municipales (5.D.1)	Intégration du débordement d'égouts combinés	Des travaux sont en cours pour compiler et modéliser les occurrences de débordement d'égouts combinés de façon à tenir compte de leur contribution aux rejets non traités dans les plans d'eau récepteurs.
	Traitement et rejet des eaux usées municipales (5.D.1)	Établissement de paramètres propres au pays	Des travaux sont en cours pour mettre à jour et établir les paramètres propres au pays en ce qui a trait à l'élimination du débit biologique d'oxygène (DBO5) et de l'azote des eaux usées par le traitement. Ces paramètres influent sur les quantités estimées restant dans les effluents rejetés dans l'environnement et les émissions résultantes.

CATÉGORIES CLÉS

A1.1. Catégories clés : méthodologie

La présente annexe décrit l'analyse des catégories clés et ses résultats en fonction de la Méthode 1 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) aux fins du rapport d'inventaire du Canada. Les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre* (GIEC, 2006) recommandent de déterminer les catégories clés d'émissions et d'absorptions. Il s'agit d'aider les organismes chargés des inventaires à structurer leurs efforts par priorité afin d'améliorer les estimations globales. Une catégorie clé se définit comme une « catégorie prioritaire dans le système d'inventaire national, car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions et des absorptions, de la tendance des émissions et des absorptions ou des incertitudes associées aux émissions et aux absorptions » (GIEC, 2006). Ce terme s'applique aux catégories de source et de puits. Ainsi, des méthodologies de niveau supérieur (Niveau 2 ou Niveau 3) sont préconisées pour les catégories clés.

Les bonnes pratiques exigent d'abord que les inventaires soient répartis en catégories permettant d'établir les sources et les puits principaux, définis selon les lignes directrices suivantes :

- Les émissions des catégories du GIEC doivent être exprimées en équivalent de dioxyde de carbone (CO_2) d'après chaque potentiel de réchauffement planétaire (PRP) standard.
- Une catégorie doit être indiquée pour chaque gaz émis ou éliminé, étant donné que les méthodes, les coefficients d'émission et les incertitudes qui leur sont liés diffèrent pour chacun.

L'utilisation de la Méthode 1 du GIEC permet de définir les catégories clés selon deux points de vue : leur contribution aux émissions totales et leur contribution aux tendances des émissions. L'évaluation du niveau vise à analyser la contribution de chaque catégorie d'émission au total national (avec et sans la catégorie Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie [ATCATF]). Quant à l'évaluation des tendances, elle recourt à la contribution relative de chaque catégorie au total des émissions nationales, tout en attribuant un poids plus important aux catégories dont la tendance relative s'écarte de la tendance générale (avec et sans l'ATCATF). Pour les analyses de niveau et de tendance, dans le cas de la Méthode 1 servant à déterminer les catégories clés, un seuil de contribution cumulative de 95 % constitue une approximation raisonnable d'un degré d'incertitude de 90 % (GIEC, 2006). Ce seuil a donc été employé dans l'analyse pour définir la limite supérieure servant à déterminer les catégories clés. Ainsi, lorsque les contributions des sources et des puits sont classées par ordre décroissant d'importance, les principales catégories qui, ensemble, représentent 95 % du total cumulatif sont considérées comme des catégories clés sur le plan quantitatif.

Les catégories clés ont été évaluées pour l'année d'inventaire 2024 en employant les critères de niveau et de tendance et pour l'année de référence en employant uniquement le critère de niveau. L'outil de calcul des catégories clés de la Méthode 1 du GIEC intégré à l'outil de déclaration des inventaires de GES du Cadre de transparence renforcé, a servi dans cet inventaire[1]. Il a été constaté qu'excepté l'ATCATF, il y avait 29 catégories clés en 1990 en ce qui a trait au niveau, et 35 en 2024, et ce, en appliquant tous les critères. Les résultats de l'évaluation comportant tous les critères sont présentés dans le Tableau A1–1. Les cinq catégories ayant la plus grande influence sur la tendance nationale (sans l'ATCATF) sont celles-ci :

1. 1.A.1 – Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles gazeux, CO_2
2. 1.A.1 – Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles solides, CO_2
3. 1.A.3.b – Transport – Transport routier, CO_2
4. 1.A.4 – Autres secteurs – Combustibles liquides, CO_2
5. 1.A.2 – Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles liquides, CO_2

L'ajout du secteur de l'ATCATF introduit d'autres catégories clés et modifie les contributions relatives des catégories ainsi que les tendances globales, ce qui réordonne les catégories clés. Par exemple, la catégorie de l'ATCATF Terres forestières dont la vocation n'a pas changé (CO_2) se classe deuxième en importance pour sa contribution dans l'analyse des tendances. En incluant l'ATCATF et en appliquant tous les critères, il y avait 37 catégories clés en 1990 en ce qui a trait au niveau,

1 https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/transparency-data-and-tools/etf-reporting-tools (en anglais seulement).

et 43 en 2024. L'analyse de tendance pour 2024 sans l'ATCATF a donné 29 catégories clés, et avec l'ATCATF, 35, dont huit dans le secteur de l'ATCATF. Les cinq catégories ayant la plus grande influence sur la tendance nationale (en incluant l'ATCATF) sont celles-ci :

1. 1.A.1 – Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles gazeux, CO_2
2. 4.A.1 – ATCATF – Terres forestières – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, CO_2
3. 1.A.1 – Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles solides, CO_2
4. 4.G – ATCATF – Produits ligneux récoltés, CO_2
5. 1.A.3.b – Transport – Transport routier, CO_2

Le Tableau A1–1 présente l'analyse des catégories clés pour l'année d'inventaire la plus récente ainsi que pour l'année de référence. Il est adapté du Tableau 7 des Tableaux communs de déclaration (TCD). La ventilation par gaz et par type de combustible (le cas échéant) suit le niveau d'agrégation recommandé pour la Méthode 1, tel qu'indiqué dans les Lignes directrices 2006 du GIEC.

L'analyse complète des catégories clés ainsi que les pourcentages de contribution aux niveaux et aux tendances des émissions pour l'année de référence et l'année la plus récente se trouvent sur le site Web de données ouvertes du Gouvernement du Canada[2].

Tableau A1–1 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2024**

Catégories clés des émissions et des absorptions	Gaz	Critère employé pour identifier la source		Catégorie clé incluant l'ATCATF	Catégorie clé excluant l'ATCATF
		N	T		
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles liquides	CO_2	X	X	X	X
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles liquides	CH_4				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles liquides	N_2O				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles solides	CO_2	X	X	X	X
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles solides	CH_4				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles solides	N_2O				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles gazeux	CO_2	X	X	X	X
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles gazeux	CH_4	X	X	X	X
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Combustibles gazeux	N_2O				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Autres combustibles fossiles	CO_2				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Autres combustibles fossiles	CH_4				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Autres combustibles fossiles	N_2O				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Tourbe	CO_2				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Tourbe	CH_4				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Tourbe	N_2O				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Biomasse	CH_4				
1.A.1 Utilisation de combustibles – Industries énergétiques – Biomasse	N_2O				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles liquides	CO_2	X	X	X	X
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles liquides	CH_4				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles liquides	N_2O				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles solides	CO_2	X	X	X	X
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles solides	CH_4				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles solides	N_2O				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles gazeux	CO_2	X	X	X	X
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles gazeux	CH_4				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Combustibles gazeux	N_2O				

2 https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr

Tableau A1–1 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2024** (suite)

Catégories clés des émissions et des absorptions	Gaz	Critère employé pour identifier la source		Catégorie clé incluant l'ATCATF	Catégorie clé excluant l'ATCATF
		N	T		
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Autres combustibles fossiles	CO_2				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Autres combustibles fossiles	CH_4				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Autres combustibles fossiles	N_2O				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Tourbe	CO_2				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Tourbe	CH_4				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Tourbe	N_2O				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Biomasse	CH_4				
1.A.2 Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction – Biomasse	N_2O				
1.A.3.a Transport aérien intérieur	CO_2	X		X	X
1.A.3.a Transport aérien intérieur	CH_4				
1.A.3.a Transport aérien intérieur	N_2O				
1.A.3.b Transport routier	CO_2	X	X	X	X
1.A.3.b Transport routier	CH_4				
1.A.3.b Transport routier	N_2O		X	X	X
1.A.3.c Transport ferroviaire	CO_2	X		X	X
1.A.3.c Transport ferroviaire	CH_4				
1.A.3.c Transport ferroviaire	N_2O				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Combustibles liquides	CO_2	X		X	X
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Combustibles liquides	CH_4				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Combustibles liquides	N_2O				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Combustibles gazeux	CO_2				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Combustibles gazeux	CH_4				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Combustibles gazeux	N_2O				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Autres combustibles fossiles	CO_2				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Autres combustibles fossiles	CH_4				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Autres combustibles fossiles	N_2O				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Biocombustibles	CH_4				
1.A.3.d Transport maritime intérieur – Biocombustibles	N_2O				
1.A.3.e Autres modes de transport	CO_2	X	X	X	X
1.A.3.e Autres modes de transport	CH_4				
1.A.3.e Autres modes de transport	N_2O				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles liquides	CO_2	X	X	X	X
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles liquides	CH_4				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles liquides	N_2O				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles solides	CO_2				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles solides	CH_4				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles solides	N_2O				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles gazeux	CO_2	X	X	X	X
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles gazeux	CH_4				
1.A.4 Autres secteurs – Combustibles gazeux	N_2O				
1.A.4 Autres secteurs – Autres combustibles fossiles	CO_2				
1.A.4 Autres secteurs – Autres combustibles fossiles	CH_4				
1.A.4 Autres secteurs – Autres combustibles fossiles	N_2O				
1.A.4 Autres secteurs – Tourbe	CO_2				
1.A.4 Autres secteurs – Tourbe	CH_4				
1.A.4 Autres secteurs – Tourbe	N_2O				
1.A.4 Autres secteurs – Biomasse	CH_4				
1.A.4 Autres secteurs – Biomasse	N_2O				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles liquides	CO_2				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles liquides	CH_4				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles liquides	N_2O				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles solides	CO_2				

Tableau A1–1 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2024** (suite)

Catégories clés des émissions et des absorptions	Gaz	Critère employé pour identifier la source		Catégorie clé incluant l'ATCATF	Catégorie clé excluant l'ATCATF
		N	T		
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles solides	CH_4				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles solides	N_2O				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles gazeux	CO_2				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles gazeux	CH_4				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Combustibles gazeux	N_2O				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Autres combustibles fossiles	CO_2				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Autres combustibles fossiles	CH_4				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Autres combustibles fossiles	N_2O				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Tourbe	CO_2				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Tourbe	CH_4				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Tourbe	N_2O				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Biomasse	CH_4				
1.A.5 Autre (non précisé ailleurs) – Biomasse	N_2O				
1.B.1 Émissions fugitives imputables aux combustibles solides	CO_2				
1.B.1 Émissions fugitives imputables aux combustibles solides	CH_4		X	X	X
1.B.2.a Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Pétrole	CO_2				
1.B.2.a Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Pétrole	CH_4	X		X	X
1.B.2.b Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Gaz naturel	CO_2				
1.B.2.b Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Gaz naturel	CH_4	X	X	X	X
1.B.2.c Émissions fugitives imputables aux combustibles – Évacuation et torchage	CO_2	X	X	X	X
1.B.2.c Émissions fugitives imputables aux combustibles – Évacuation et torchage	CH_4	X	X	X	X
1.B.2.c Émissions fugitives imputables aux combustibles – Évacuation et torchage	N_2O				
1.B.2.d Émissions fugitives imputables aux combustibles – Autre	CO_2				
1.B.2.d Émissions fugitives imputables aux combustibles – Autre	CH_4				
1.B.2.d Émissions fugitives imputables aux combustibles – Autre	N_2O				
1.C Transport et stockage du CO_2	CO_2				
1. Énergie (émissions indirectes de CO_2)	CO_2				
2.A.1 Production de ciment	CO_2	X		X	X
2.A.2 Production de chaux	CO_2				
2.A.3 Production de verre	CO_2				
2.A.4 Autres utilisations de procédés de carbonates	CO_2				
2.B.1 Production d'ammoniac	CO_2				
2.B.1 Production d'ammoniac	CH_4				
2.B.1 Production d'ammoniac	N_2O				
2.B.2 Production d'acide nitrique	N_2O				
2.B.3 Production d'acide adipique	CO_2				
2.B.3 Production d'acide adipique	N_2O				
2.B.4 Caprolactame, glyoxal et production d'acide glyoxylique	CO_2				
2.B.4 Caprolactame, glyoxal et production d'acide glyoxylique	N_2O				
2.B.5 Production de carbure	CO_2				
2.B.5 Production de carbure	CH_4				
2.B.6 Production de dioxyde de titane	CO_2				
2.B.7 Production de carbonate de sodium	CO_2				
2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone	CO_2				
2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone	CH_4				
2.B.9 Production fluorochimique	Gaz fluorés regroupés				
2.B.10 Autre	CO_2				
2.B.10 Autre	CH_4				
2.B.10 Autre	N_2O				
2.B.10 Autre	Gaz fluorés regroupés				
2.C.1 Production sidérurgique	CO_2	X	X	X	X
2.C.1 Production sidérurgique	CH_4				
2.C.2 Production d'alliage ferreux	CO_2				
2.C.2 Production d'alliage ferreux	CH_4				

Tableau A1–1 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2024** (suite)

Catégories clés des émissions et des absorptions	Gaz	Critère employé pour identifier la source		Catégorie clé incluant l'ATCATF	Catégorie clé excluant l'ATCATF
		N	T		
2.C.3 Production d'aluminium	CO_2	X	X	X	X
2.C.3 Production d'aluminium	PFCs		X	X	X
2.C.3 Production d'aluminium	SF_6				
2.C.4 Production de magnésium	CO_2				
2.C.4 Production de magnésium	HFCs				
2.C.4 Production de magnésium	PFCs				
2.C.4 Production de magnésium	SF_6		X	X	X
2.C.4 Production de magnésium	Mélange indéterminé de HFC et de PFC				
2.C.5 Production de plomb	CO_2				
2.C.6 Production de zinc	CO_2				
2.C.7 Autre	CO_2				
2.C.7 Autre	CH_4				
2.C.7 Autre	N_2O				
2.C.7 Autre	Gaz fluorés regroupés				
2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants	CO_2	X	X	X	X
2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants	CH_4				
2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants	N_2O				
2.E Industrie d'appareils électroniques	N_2O				
2.E Industrie d'appareils électroniques	Gaz fluorés regroupés				
2.F.1 Réfrigération et climatisation	Gaz fluorés regroupés	X	X	X	X
2.F.2 Agents d'expansion des mousses	Gaz fluorés regroupés		X	X	X
2.F.3 Protection contre l'incendie	Gaz fluorés regroupés				
2.F.4 Aérosols	Gaz fluorés regroupés				
2.F.5 Solvants	Gaz fluorés regroupés				
2.F.6 Autres applications	Gaz fluorés regroupés				
2.G Fabrication et utilisation d'autres produits	CO_2				
2.G Fabrication et utilisation d'autres produits	CH_4				
2.G Fabrication et utilisation d'autres produits	N_2O				
2.G Fabrication et utilisation d'autres produits	Gaz fluorés regroupés				
2.H Autre	CO_2				
2.H Autre	CH_4				
2.H Autre	N_2O				
2.H Autre	Gaz fluorés regroupés				
2. Procédés industriels et utilisation de produits (émissions indirectes de CO_2)	CO_2				
3.A Fermentation entérique	CH_4	X	X	X	X
3.B Gestion des fumiers	CH_4	X	X	X	X
3.B Gestion des fumiers	N_2O	X		X	X
3.C Riziculture	CH_4				
3.D Sols agricoles	CH_4				
3.D.1 Émissions directes de N_2O provenant de terres aménagées	N_2O	X	X	X	X
3.D.1 Émissions directes de N_2O provenant de terres aménagées	N_2O	X	X	X	X
3.E Brûlage dirigé des savanes	CH_4				
3.E Brûlage dirigé des savanes	N_2O				
3.F Brûlage des résidus agricoles	CH_4				
3.F Brûlage des résidus agricoles	N_2O				
3.G Chaulage	CO_2				
3.H Application d'urée	CO_2		X	X	X
3.I. Autres engrais carbonés	CO_2				
3.J. Autres	CO_2				
3.J. Autres	CH_4				
3.J. Autres	N_2O				
3. Agriculture (émissions indirectes de CO_2)	CO_2				
4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO_2	X	X		X

Tableau A1–1 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2024** (suite)

Catégories clés des émissions et des absorptions	Gaz	Critère employé pour identifier la source		Catégorie clé incluant l'ATCATF	Catégorie clé excluant l'ATCATF
		N	T		
4.A.2 Terres converties en terres forestières	CO_2				
4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO_2	X	X		X
4.B.2 Terres converties en terres cultivées	CO_2	X	X		X
4.C.1 Prairies dont la vocation n'a pas changé	CO_2				
4.C.2 Terres converties en prairies	CO_2				
4.D.1.a Tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé	CO_2				
4.D.1.b Terres inondées dont la vocation n'a pas changé	CO_2				
4.D.1.c Autres terres humides dont la vocation n'a pas changé	CO_2				
4.D.2 Terres converties en terres humides	CO_2		X		X
4.E.1 Établissements dont la vocation n'a pas changé	CO_2	X			X
4.E.2 Terres converties en établissements	CO_2	X			X
4.F.1 Autres terres dont la vocation n'a pas changé	CO_2				
4.F.2 Terres converties en autres terres	CO_2				
4.G Produits ligneux récoltés	CO_2		X		X
4(I). Émissions directes et indirectes de N_2O liées aux apports de N dans les sols aménagés	N_2O				
4(II). Émissions et absorptions liées au drainage, au remouillage et aux autres sols aménagés organiques et minéraux	CO_2				
4(II). Émissions et absorptions liées au drainage, au remouillage et aux autres sols aménagés organiques et minéraux	CH_4				
4(II). Émissions et absorptions liées au drainage, au remouillage et aux autres sols aménagés organiques et minéraux	N_2O				
4(III). Émissions directes et indirectes de N_2O issues de la minéralisation et de l'immobilisation du N	N_2O				
4(IV) Combustion de biomasse	CO_2	X	X		X
4(IV) Combustion de biomasse	CH_4				
4(IV) Combustion de biomasse	N_2O				
4.H Autre	CO_2				
4.H Autre	CH_4				
4.H Autre	N_2O				
4. ATCATF (émissions indirectes de CO_2)	CO_2				
5.A Élimination des déchets solides	CH_4	X	X	X	X
5.B Traitement biologique des déchets solides	CH_4				
5.B Traitement biologique des déchets solides	N_2O				
5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets	CO_2				
5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets	CH_4				
5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets	N_2O				
5.D Traitement et rejet des eaux usées	CH_4				
5.D Traitement et rejet des eaux usées	N_2O				
5.E Autres	CO_2				
5.E Autres	CH_4				
5.E Autres	N_2O				
5. Déchets (émissions indirectes de CO_2)	CO_2				
6. Autres	CO_2				
6. Autres	CH_4				
6. Autres	N_2O				
6. Autres	Gaz fluorés regroupés				
6. Autres (émissions indirectes de CO_2)	CO_2				

Note :
N = catégorie clé selon le niveau
T = catégorie clé selon la tendance

ANNEXE 2

INCERTITUDE

A2.1.	Introduction	293
A2.2.	Interprétation de l'incertitude sur les estimations de l'inventaire	293
A2.3.	Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2024	294
A2.4.	Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour l'année de référence	294
A2.5.	Évaluation de l'incertitude par tendance	295
A2.6.	Améliorations prévues	295

A2.1. Introduction

Toutes les Parties visées par l'Accord de Paris doivent déclarer les résultats de leurs analyses du degré d'incertitude ainsi que leurs méthodes, leurs hypothèses sous-jacentes, le cas échéant, et leurs tendances, au minimum pour la première et la dernière année de déclaration de la série chronologique dans leur rapport d'inventaire national respectif. L'analyse du degré d'incertitude aide à prioriser les améliorations à apporter aux prochains inventaires et à orienter les choix méthodologiques (GIEC, 2006).

Dans le présent rapport, le Canada a utilisé la méthode de propagation d'erreur (la méthode 1) pour combiner les degrés d'incertitude, de la façon décrite dans le volume 1 (Chapitre 3) des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). Cette méthode sert à évaluer le degré d'incertitude des estimations des émissions pour l'année de référence, l'année la plus récente et la tendance. Le Tableau 3.3 (des Lignes directrices 2006 du GIEC) a été rempli par catégorie de sources de façon à combiner les estimations de l'incertitude. Les estimations de l'incertitude se rattachant à chaque catégorie de sources ou de puits provenaient d'études antérieures (p. ex. une analyse de Monte-Carlo exhaustive [la méthode 2] réalisée en 2003–2004), ont été améliorées d'après les résultats de ces études ou ont été calculées indépendamment, comme c'est le cas des estimations pour les secteurs de l'Agriculture (émissions de méthane [CH_4] et d'oxyde nitreux [N_2O]), de l'Énergie (certaines catégories de l'utilisation de combustibles et les émissions fugitives), des Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP), et de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF). Pour en savoir plus sur les degrés d'incertitude propres à chaque secteur, se reporter aux sections sur le degré d'incertitude des chapitres 3 à 7.

Les tableaux complets d'évaluation de l'incertitude sont accessibles sur le site Web des données ouvertes du gouvernement du Canada[1]. La présente annexe renvoie aux tableaux figurant sur ce site.

A2.2. Interprétation de l'incertitude sur les estimations de l'inventaire

Bien souvent, l'incertitude au sujet des estimations des GES est mal interprétée comme une mesure de l'exactitude ou de la fiabilité des estimations. En fait, l'exactitude (ou son contraire, le biais) ne peut être quantifiée que par une mesure de son éloignement de la valeur réelle. L'estimation de l'incertitude pour les inventaires n'est pas conçue comme une mesure de l'exactitude, mais dans le contexte des inventaires nationaux, le processus visant à estimer l'incertitude vise en fait à quantifier la précision. Une incertitude élevée à propos de l'estimation d'une catégorie suggère que des mesures répétées pourraient difficilement concorder. De nombreux facteurs peuvent être en cause, notamment une hétérogénéité temporelle et spatiale complète : la variabilité est une propriété inhérente à de nombreux systèmes, y compris la nature.

Selon les orientations générales du GIEC sur les pratiques exemplaires, l'information sur l'incertitude est avant toute chose « un moyen permettant d'établir des priorités dans les efforts nationaux visant à réduire les incertitudes dans les inventaires à l'avenir, et de guider les décisions portant sur les choix méthodologiques » (GIEC, 2006, vol 1, Chapitre 3). La mise en œuvre de pratiques exemplaires en matière de calcul des estimations permet de minimiser les biais et d'obtenir des estimations fiables de la meilleure manière possible.

1 https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr

A2.3. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2024

Des analyses distinctes ont été réalisées pour l'ensemble de l'inventaire avec et sans le secteur ATCATF. Les estimations des émissions nationales de 2024 (excluant le secteur ATCATF), qui s'élèvent à 685 Mt d'éq. CO_2, se situent dans une plage d'incertitude de 666 Mt à 703 Mt d'éq. CO_2 (±2,7 %) (voir le Tableau A2–1 sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada). Voici les cinq catégories de sources d'émissions qui ont le plus contribué à l'incertitude à l'échelle nationale, pour 2024, à l'exclusion du secteur ATCATF :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'enfouissement gérés, CH_4
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH_4
3. Agriculture – Sols agricoles, sources directes, N_2O
4. Agriculture – Sols agricoles, sources indirectes, N_2O
5. Utilisation de combustibles – Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques, CH_4

Les estimations de 2024 des émissions à l'échelle nationale tenant compte des émissions et des absorptions du secteur ATCATF, qui s'élèvent à 689 Mt d'éq. CO_2, se situent dans une plage d'incertitude variant de 639 Mt à 739 Mt d'éq. CO_2 (±7,2 %) (voir le Tableau A2–2 sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada). Voici les cinq catégories qui ont la plus grande incidence sur le degré d'incertitude à l'échelle nationale lorsque le secteur ATCATF est inclus :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'enfouissement gérés, CH_4
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH_4
3. Agriculture – Sols agricoles, sources directes, N_2O
4. Agriculture – Sols agricoles, sources indirectes, N_2O
5. Utilisation de combustibles – Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques, CH_4

A2.4. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour l'année de référence

L'incertitude à l'échelle nationale pour l'année de référence (sans l'ATCATF) ressemble à l'incertitude de 2024 (respectivement ±2,9 % et ±2,7 %) (voir le Tableau A2-1 sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada). Voici les cinq catégories de sources d'émissions qui ont le plus contribué à l'incertitude à l'échelle nationale, pour 1990, à l'exclusion du secteur ATCATF :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'enfouissement gérés, CH_4
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH_4
3. Énergie – Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public, CO_2
4. Traitement et rejet des eaux usées, CH_4
5. Agriculture – Sols agricoles, sources directes, N_2O

Lorsque les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses, l'incertitude pour l'année de référence est différente de l'incertitude de 2024 (respectivement ±11,0 % et ±7,2 %) (voir le Tableau A2-2 sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada). Voici les cinq catégories qui ont la plus grande incidence sur le degré d'incertitude à l'échelle nationale, pour 1990, lorsque l'ATCATF est inclus :

1. ATCATF –Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, CO_2
2. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'enfouissement gérés, CH_4
3. ATCATF – Conversion de terres forestières, CO_2
4. Agriculture – Fermentation entérique, CH_4
5. Énergie – Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public, CO_2

A2.5. Évaluation de l’incertitude par tendance

L’incertitude des tendances a été calculée en incluant le secteur de l’ATCATF et en l’excluant (voir les tableaux A2-3 et A2-4 sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada). Une incertitude de 0,77 % a été déterminée pour la tendance, à l’exclusion de l’ATCATF. Ainsi, l’augmentation totale des émissions de 77 Mt d’éq. CO_2 (+12,6 %) depuis 1990 s’inscrit dans une plage d’incertitude allant d’un minimum de +76 Mt d’éq. CO_2 à un maximum de +77 Mt d’éq. CO_2. Lorsque l’ATCATF est inclus, l’incertitude était de 9,71 %. Ainsi, l’augmentation totale des émissions de 20 Mt d’éq. CO_2 (+3,0 %) depuis 1990, incluant l’ATCATF, s’inscrit dans une plage d’incertitude allant d’un minimum de +18 Mt d’éq. CO_2 à un maximum de +22 Mt d’éq. CO_2.

A2.6. Améliorations prévues

L’amélioration continue est l’un des principes sur lesquels le Canada se fonde pour élaborer son inventaire annuel des GES. Il est probable que les améliorations prévues à l’évaluation de l’incertitude s’inspireront des méthodes et des bases de données des années précédentes, notamment des méthodes et des données de simulation de Monte-Carlo utilisées en 2003–2004. La nouvelle méthodologie améliorée prend en compte leurs conséquences sur l’incertitude avant leur mise en œuvre et sert ainsi de base à l’amélioration progressive et régulière de l’analyse des incertitudes.

L’estimation du degré d’incertitude des émissions nationales constitue le sujet d’un document de travail publié en 2020 (Laferrière et al., 2020). Cette étude compare les estimations réelles du degré d’incertitude de Niveau 1 à l’aide d’une approche plus générale, notamment les simulations de Monte-Carlo. Voici les faits saillants de la comparaison :

- l’incidence sur le degré d’incertitude des émissions associée à la fonction de distribution de probabilité (FDP) asymétrique et à la FDP autre que la normale;
- l’effet d’intégrer la corrélation des émissions à toutes les catégories de source du GIEC; souvent, il est difficile de justifier l’hypothèse de Niveau 1 selon laquelle les coefficients d’émissions ne sont pas reliés entre les catégories; le document montre l’importance de le reconnaître et compare le degré d’incertitude des tendances et la contribution des catégories au degré d’incertitude;
- la possibilité de prendre en considération les deux niveaux de degré d’incertitude pour les variables de l’activité (par exemple, les catégories comportant de multiples ensembles de données sur les activités peuvent individuellement avoir des valeurs d’incertitude élevées, mais une valeur d’incertitude moindre une fois regroupées).

Dans la version actuelle de l’inventaire, les estimations d’incertitude dans le secteur des Déchets ont été mises à jour pour tenir compte des émissions provenant du compostage domestique et de l’incinération des déchets résidentiels. Les améliorations concernant les estimations d’incertitude se poursuivront pour d’autres catégories dans les inventaires futurs. Le Chapitre 8 présente un résumé des améliorations prévues.

ANNEXE 3

MÉTHODOLOGIES

A3.1.	Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles	296
A3.2.	Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles	319
A3.3.	Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits	382
A3.4.	Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture	395
A3.5.	Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	456
A3.6.	Méthodologie pour le secteur des Déchets	518

A3.1. Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles

La présente annexe donne un aperçu de la méthodologie, des données sur les activités et des coefficients d'émission utilisés pour estimer les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4) et d'oxyde de diazote (N_2O) issues de l'utilisation de combustibles dans le secteur de l'énergie.

A3.1.1. Méthodologie

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à l'utilisation de combustibles utilise généralement une méthode descendante conforme à l'approche sectorielle de Niveau 3 et de Niveau 2 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). Comme l'illustre l'Équation A3.1–1, pour calculer les émissions de chaque catégorie de sources, la quantité de combustible déclarée à l'échelle nationale, provinciale et territoriale est multipliée par le coefficient d'émission propre au combustible. Les sections A3.1.4.1 et A3.1.4.2 traitent des améliorations et des variantes apportées à la méthode générale d'estimation des émissions de combustion provenant de sources fixes et des transports, respectivement. Ces améliorations visent à l'amélioration continue de l'évaluation et de la répartition des émissions lorsqu'on dispose de précisions ou de paramètres supplémentaires. Par ailleurs, le chapitre du rapport consacré à l'énergie (Chapitre 3) traite de questions méthodologiques particulières.

Équation A3.1–1 **Équation générale de calcul des émissions de combustion**

$$E_{Catégorie,G} = CC_{C,R} \times CE_{G,C,R,T}$$

$E_{Catégorie,G}$ = émissions de GES par catégorie de sources et par GES (CO_2, CH_4 ou N_2O)

$CC_{C,R}$ = quantité de combustible consommé (en unités physiques comme le kilo, le litre ou le m^3), par type de combustibles (c.-à-d. le gaz naturel, le charbon sub-bitumineux, le kérosène, etc.) et par région

$CE_{G,C,R,T}$ = coefficient d'émission propre au pays (en unités physiques) par GES, par type de combustible, par région (quand l'information est disponible) et par technologie (pour les coefficients d'émission des autres gaz que le CO_2)

Les modèles de calcul des sources de combustion fixes et des transports reposent principalement sur des bases de données relationnelles pour traiter les données sur les activités et les coefficients d'émission nationaux, provinciaux et territoriaux afin d'estimer les émissions de GES (Figure A3.1–1). Statistique Canada présente le bilan énergétique national en unités physiques à l'aide de données fournies par les secteurs de la production et de la consommation. Pour cette raison, les unités physiques ont été jugées comme étant les plus précises pour produire les estimations des émissions. Les coefficients d'émission propres au pays sont exprimés en unités physiques afin de réduire au minimum le nombre de facteurs de conversion supplémentaires requis et ainsi limiter l'incertitude associée à l'estimation. Afin de réduire encore davantage cette incertitude, des coefficients d'émission plus précis à l'échelle provinciale et territoriale sont appliqués plutôt qu'à l'échelle nationale (p. ex., des coefficients d'émission régionaux du charbon et du gaz naturel sont utilisés pour tenir compte de la variation de la teneur en carbone). Les différences existantes relatives aux technologies de combustion sont prises en compte par les coefficients d'émission des gaz autres que le CO_2.

Figure A3.1–1 **Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES**

A3.1.2. Données sur les activités provenant de Statistique Canada

Le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, s.d.[d]), aussi connu sous le nom de « bilan énergétique national » et publié annuellement, constitue la principale source de données sur les combustibles et l'énergie utilisée pour estimer les émissions issues de la combustion. Le BDEE utilise des méthodes descendantes et ascendantes pour compiler l'offre et la demande en matière d'énergie au Canada. La production canadienne de combustibles est comparée à l'utilisation de combustibles en fonction de grandes catégories comme l'importation et l'exportation, la consommation par le producteur, le secteur industriel et le secteur résidentiel. Les données sur l'utilisation industrielle d'énergie sont attribuées conformément au Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). Pour le moment, le BDEE présente les données sur l'énergie utilisée par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur (producteurs autonomes) sur deux lignes différentes (l'une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur), mais elles ne sont pas divisées davantage selon les sous-catégories industrielles. Avant 1998, ces lignes figuraient dans l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie (CIE) (Statistique Canada, s.d.[a]). Depuis 1998, les données de la ligne de l'électricité (des producteurs autonomes) sont fondées sur les quantités figurant dans l'enquête annuelle sur la Consommation de combustibles de centrales thermiques d'énergie électrique (CCTEE) (Statistique Canada, s.d.[b]). Cette amélioration a été mise en œuvre par Statistique Canada pour accroître la transparence et l'exactitude de l'information sur le sous-secteur, puisque le combustible utilisé pour produire de l'électricité est plus complet et de meilleure qualité. La ligne de la vapeur reste remplie à l'aide des données de l'enquête de la CIE.

Bien que le BDEE fournisse également des données sur la consommation de combustibles à l'échelle provinciale et territoriale, ces données ne sont généralement pas aussi précises qu'à l'échelle nationale. Statistique Canada attribue habituellement la demande finale en combustibles par sous-catégories pour le BDEE au moyen de plusieurs enquêtes qui s'adressent aux producteurs et aux fournisseurs d'énergie, aux ministères provinciaux et territoriaux responsables de l'énergie et à certains utilisateurs finaux de l'énergie. La précision des estimations à la suite de ces attributions est moindre que l'offre totale d'énergie disponible à l'échelle nationale. Par conséquent, les estimations totales d'émissions pour le Canada offrent plus de certitude que celles provenant de sous-catégories spécifiques. Depuis 1995, Statistique Canada recueille des données sur l'énergie directement auprès d'utilisateurs finaux, au moyen de l'enquête CIE. L'estimation de la consommation industrielle à l'aide d'une approche ascendante fournit de l'information plus précise par sous-catégorie. Veuillez consulter l'Annexe 4, Bilan énergétique national, pour plus de précisions sur l'élaboration de l'ensemble de données du BDEE et de la CIE, notamment sur les activités de Statistique Canada en matière de contrôle et d'assurance de la qualité. Les enquêtes portant sur des secteurs particuliers servent à vérifier les tendances sectorielles et l'attribution des émissions.

En général, les modèles de combustion utilisent la quantité de combustibles fossiles consommée en unités physiques plutôt qu'en unités énergétiques, puisque les valeurs actualisées de teneur en énergie ne sont pas toujours accessibles à certains fournisseurs et utilisateurs finaux lorsqu'ils répondent aux enquêtes de Statistique Canada. En conséquence, il est estimé que les données exprimées en unités de pouvoir calorifique supérieur sont moins précises. Lorsque Statistique Canada convertit ces unités en valeurs énergétiques, sauf dans le cas du gaz naturel, il utilise des facteurs de conversion énergétique constants propres à chaque type de combustible (un facteur pour 1990 à 1997 et un autre facteur pour 1998 à aujourd'hui) sans tenir en compte la variabilité d'une année à l'autre pour les combustibles comme le charbon, le coke de pétrole et le gaz combustible des raffineries (gaz de distillation). Ces facteurs de conversion énergétiques sont appliqués pour l'inscription des quantités de combustibles dans les Tableaux communs de déclaration (TCD), et les valeurs nationales pondérées sont déterminées aux fins de calculs de la méthode de référence (veuillez consulter le Tableau A4–2 pour plus de détails). La seule exception est le combustible résiduaire, dont les données de 1990 à 2016 fournies par l'Association canadienne du ciment ne peuvent être présentées qu'en unités énergétiques. À partir de 2017, les données de combustibles résiduaires proviennent du

Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES), qui est regroupé en unités énergétiques pour tenir compte de la variation des combustibles résiduaires. Statistique Canada et Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) ont lancé un programme pluriannuel dans le but de faciliter le suivi et la mise à jour des facteurs de conversion énergétique. Veuillez consulter la section sur les améliorations prévues, au Chapitre 3, pour plus de détails.

Les sources de données autres que Statistique Canada utilisées pour les modèles de calcul des émissions attribuables à la combustion ou au transport sont indiquées dans les discussions sur les méthodes particulières employées, comme l'information sur les quantités de gaz d'enfouissement, la consommation de combustible résiduaire et le parc de véhicules (sections A3.1.4.1 et A3.1.4.2).

A3.1.3. Coefficients d'émission et d'oxydation pour l'utilisation de combustibles

Ce qui suit constitue un résumé des coefficients d'émission des combustibles qui contribuent le plus aux émissions de GES du Canada. Pour une description détaillée des coefficients d'émission utilisés dans les modèles actuels d'utilisation de combustibles fossiles, veuillez consulter l'Annexe 6.

Gaz naturel : Les coefficients d'émission de CO_2 varient selon la source de gaz naturel et selon qu'il s'agit de gaz naturel marchand ou non marchand (gaz naturel brut pour consommation sur place par des producteurs de gaz naturel). Ils tiennent également compte des changements dans la composition en hydrocarbures du gaz naturel marchand au fil du temps, comme indiqué dans le Tableau A6.1–1. Par conséquent, les coefficients d'émission des provinces et territoires varient selon la quantité de gaz naturel canadien et étranger fourni annuellement et sa composition en hydrocarbures. Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O varient selon la technologie de combustion.

Produits pétroliers raffinés (PPR) : Les produits pétroliers raffinés incluent les combustibles suivants, sans toutefois s'y limiter : diesel, essence, mazout léger et mazout lourd. Les coefficients d'émission varient selon le type de combustible et/ou la technologie de combustion (pour le CH_4 et le N_2O).

Charbon : Coefficients d'émissions de CO_2 diffèrent selon les propriétés du charbon, la province où il est utilisé, et son origine, qu'il soit canadien ou étranger. Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O varient selon la technologie de combustion.

Les valeurs d'oxydation par défaut établies par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) s'appliquent à tous les combustibles, sauf au charbon, auquel les coefficients d'oxydation propres au pays appliqués à l'échelle provinciale et territoriale tiennent compte des variations régionales de l'efficacité de la combustion. Veuillez consulter l'Annexe 6 pour plus de détails sur les coefficients d'oxydation du charbon.

A3.1.3.1. Coefficients d'émission pour le CO_2

Les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation de combustibles dépendent de la quantité de combustible brûlée, de sa teneur en carbone ainsi que du coefficient d'oxydation appliqué. Le coefficient d'émission appliqué varie en fonction du type de combustible et de la région, s'il y a lieu. Il est question de l'établissement des coefficients d'émission de CO_2 à l'Annexe 6. Les propriétés des combustibles, telles que la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorifique, ont été déterminées selon des normes d'essais industriels approuvées de l'*American Society for Testing and Material* (ASTM) et de l'Office des normes générales du Canada (ONGC).

Le coefficient d'émission applicable aux combustibles résiduaires est fondé sur la teneur énergétique, puisque les données sur les activités fournies par l'Association canadienne du ciment et le PDGES sont exprimées en unités énergétiques.

A3.1.3.2. Coefficients d'émission pour les GES autres que le CO_2

Les coefficients d'émission correspondant à tous les GES autres que le CO_2 et provenant d'activités de combustion varient plus ou moins selon :

- le type de combustible
- la technologie
- les conditions d'utilisation
- l'entretien et l'âge de la technologie

Pendant l'utilisation de combustibles à base de carbone, une faible partie demeure non oxydée sous forme de CH_4. Des recherches supplémentaires s'imposent pour mieux établir les coefficients d'émission de CH_4 dans le cas de nombreux procédés de combustion. Les facteurs applicables à l'ensemble ont été élaborés d'après des technologies typiques et les coefficients d'émission disponibles.

Pendant la combustion, une partie de l'azote du combustible et de l'air est converti en N_2O. La production de N_2O dépend de la température de combustion et de la technologie antipollution utilisée. Des recherches supplémentaires s'imposent pour mieux établir les coefficients d'émission de N_2O relatifs à de nombreux procédés de combustion. Les facteurs applicables à l'ensemble sont élaborés d'après les technologies typiques et les coefficients d'émission disponibles dans chaque cas. L'Annexe 6 renferme la liste des coefficients d'émission des gaz autres que le CO_2 utilisés dans le présent inventaire.

A3.1.4. Méthodologie pour les Sources de combustion fixes et les Transports

La présente section porte sur les méthodes utilisées pour calculer et déclarer les émissions associées au secteur de l'Énergie, en particulier la combustion de sources fixes et le transport.

Les émissions de CO_2 issues des biocombustibles (y compris les gaz d'enfouissement) ne doivent pas être incluses dans le total du secteur de l'Énergie conformément aux exigences du Cadre de transparence renforcée introduit par l'Accord de Paris. Les émissions de CO_2 issues de la combustion de la biomasse sont plutôt comptabilisées dans le secteur de l'Affection des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) sous forme de perte de stocks de biomasse (forêts). Le CO_2 produit par la combustion de la biomasse à des fins énergétiques n'est indiqué qu'à titre informatif dans une note figurant dans les tableaux de déclaration de données. Le secteur de l'Énergie déclare les émissions de CH_4 et de N_2O provenant de la combustion selon les sous-catégories appropriées et les inclut dans les totaux établis pour l'inventaire.

A3.1.4.1. Sources de combustion fixes

La méthodologie employée pour estimer les émissions de GES produites par la combustion de sources fixes est conforme à la méthode sectorielle de Niveau 2 du GIEC et aux directives sur les coefficients d'émission propres aux pays présentées dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). La méthodologie pour calculer les émissions de SF_6 issues des systèmes de transport de l'électricité est présentée à l'Annexe 3.3, dans la partie sur le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits.

Les émissions sont calculées à partir des données sur les activités déclarées par les provinces et les territoires et les coefficients d'émission nationaux, sauf lorsque les coefficients d'émission sont disponibles au niveau des provinces et des territoires. Le total national est le résultat de l'addition des émissions provinciales et territoriales.

Les émissions sont estimées uniquement au moyen de l'Équation A3.1–1.

Le Tableau A3.1–1 présente les sources des données sur les activités utilisées pour calculer les émissions avec le modèle de combustion des sources fixes. Les données sont fournies à ECCC sous forme électronique et peuvent différer légèrement de celles publiées par Statistique Canada, dont les valeurs sont arrondies.

La complexité du modèle de combustion fixe tient en grande partie à la difficulté de réaffecter les données présentées dans le BDEE annuel de manière à respecter les exigences relatives aux catégories du GIEC et les Tableaux communs de déclaration (TCD). De plus, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, la ventilation de l'ensemble des utilisations de tous les types de combustibles est fondée sur les groupes de combustible des TCD (solides, liquides, gazeux, biomasse et autres) (voir le Tableau A4–2 à l'Annexe 4).

Tableau A3.1–1 **Références des données sur les activités utilisées par le modèle**

Statistique Canada. Sans date [d]. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada*. Rapport annuel. N° 57-003-X au catalogue. Statistique Canada. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/57-003-x/57-003-x2023002-fra.htm.
[CEEDC] Canadian Energy and Emissions Data Centre. Base de données du CEEDC sur les indicateurs d'énergie, d'émissions et de production pour l'industrie canadienne. Code SCIAN 32731 – Fabrication du ciment. https://cieedacdb.rem.sfu.ca/naics-database/# (en anglais seulement).
Environnement et Changement climatique Canada. 2024. *Residential Fuelwood Consumption in Canada* (Consommation de bois de chauffage résidentiel). Rapport non publié. Préparé par J. Kay, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
Environnement et Changement climatique Canada. 2025. Programme des gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/donnees.html.
Environnement et Changement climatique Canada. 2026. Gaz d'enfouissement, gaz de boues d'épuration provenant du traitement des eaux usées et de l'utilisation des gaz digesteur anaérobie, et incinération des déchets. Rapport d'inventaire national (RIN). Annexe 3.6 : Méthodologie pour le secteur des déchets.

Production combinée de chaleur et d'électricité

Les données sur les activités, selon les combustibles utilisés par les services publics, sont actuellement regroupées dans deux lignes du sommaire dans le BDEE (Transformé en énergie électrique par services et Transformé en production de vapeur), qui représentent les installations de production d'électricité et de production combinée de chaleur et d'électricité. En outre, les déchets de bois et de lessive de pâte épuisée utilisés par les services publics sont attribués dans le Tableau 25-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie.

Les données saisies à la ligne Transformé en énergie électrique par services sont celles de l'enquête sur la CCTEE provenant d'installation du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) 2211 : Production, transport et distribution d'électricité. ECCC a dressé une liste des installations de production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) du SCIAN 2211. Les données sur l'utilisation de combustible, par combustible et par province et territoire, déclarées dans cette enquête ainsi que la liste des installations de PCCE, sont utilisées pour établir la fraction d'utilisation totale de

combustible de la PCCE. Ces fractions sont ensuite combinées aux données de la ligne Transformé en énergie électrique par services pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à la production combinée de chaleur et d'électricité. Le reste est attribué à la production d'électricité.

Une partie des déchets de bois massif est réattribuée à la production d'électricité ou à la production combinée de chaleur et d'électricité. Une partie des combustibles de la ligne Transformé en production de vapeur est réattribuée à la production combinée de chaleur et d'électricité. La répartition des données pour les déchets de bois et de lessive de pâte et la répartition des données de la Transformé en production de vapeur sont décrites ci-après.

Répartition de l'électricité par industrie et production de vapeur

Les données sur les activités, en termes de combustible utilisé par l'industrie (y compris le secteur Industries de raffinage du pétrole) pour produire de l'électricité ou de la vapeur, sont actuellement regroupées en deux lignes du sommaire dans le BDEE (Transformé en énergie électrique par industries et Transformé en production de vapeur). De plus, les données sur les déchets de bois et lessive de pâte utilisés par l'industrie sont attribuées au Tableau 21-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie.

La ligne Transformé en énergie électrique par industries est remplie à l'aide de données provenant de l'enquête sur la CCTEE. La réattribution des valeurs de la ligne 11 du BDEE, de 1998 jusqu'à nos jours, utilisait les fractions établies selon les quantités de combustibles déclarées dans l'enquête sur la CCTEE, comme suit :

- Les données sur la consommation de combustible, par combustible et par province et territoire, déclarées par l'industrie dans cette enquête pour la production d'électricité, servent à établir la fraction de l'utilisation totale de combustible de chacune des industries.
- Ces fractions sont ensuite combinées aux données de la ligne Transformé en énergie électrique par industries pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie en particulier.
- Cette partie est ajoutée aux données sur les activités déjà déclarées par l'industrie.

La réattribution des valeurs de la ligne Transformé en énergie électrique par industries, de 1990 à 1997, utilisait les fractions établies à partir des quantités déclarées dans l'enquête de la CIE, puisqu'il n'y a pas de données de l'enquête sur la CCTEE avant 1998.

- Les données sur la consommation de combustible, par combustible et par province et territoire, déclarées par l'industrie dans l'enquête de la CIE pour la production d'électricité, servent à établir la fraction de l'utilisation totale de combustible de chacune des industries.
- Ces fractions sont ensuite combinées aux données de la ligne Transformé en énergie électrique par industries pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie en particulier.
- Cette partie est ajoutée aux données sur les activités déjà déclarées par l'industrie.
- Comme il n'existait aucune donnée de la CIE avant 1995, les fractions de 1995 pour la période de 1990 à 1995 ont été utilisées.

Puisque les données saisies à la ligne Transformé en production de vapeur sont celles de la CIE, la technique utilisée pour réattribuer les valeurs de la ligne Transformé en énergie électrique par industries entre 1990 et 1997 est aussi appliquée à celles de la ligne Transformé en production de vapeur (pour toutes les années) en utilisant les données de la CIE représentant la production de vapeur.

La répartition des données pour les déchets de bois et de lessive de pâte épuisée est décrite ci-après.

Déchets solides de bois et lessive de pâte épuisée

Les données sur les activités, en matière de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, sont actuellement regroupées dans un tableau sommaire du BDEE (Tableau 25-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie).

Les données du Tableau 25-10-0031-01 sont celles de l'enquête de la CIE. La technique utilisée pour réattribuer les valeurs de la Transformé en énergie électrique par industries entre 1990 et 1997 est aussi appliquée aux valeurs du Tableau 25-10-0031-01 (pour toutes les années) du BDEE en utilisant les données de la CIE représentant la consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée.

A3.1.4.1.1. Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public (catégorie 1.A.1.a des TCD)

La sous-catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public comprend : 1.A.1.a.i – Production d'électricité; 1.A.1.a.ii – Production combinée de chaleur et d'électricité; 1.A.1.iii – Centrales de production de chaleur. Cette sous-catégorie devrait inclure toutes les émissions des grands producteurs (auparavant désignés sous le nom de services publics) d'électricité et d'une combinaison de chaleur et d'électricité ainsi que des centrales de production de chaleur. Les émissions des producteurs autonomes sont attribuées à leurs sous-catégories industrielles respectives.

Les données sur les activités dans cette sous-catégorie sont saisies sur deux lignes du BDEE (une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur); cependant, il s'agit de lignes du sommaire et les données ne sont pas réparties selon la production d'électricité, la production combinée de chaleur et d'électricité et les centrales de production de chaleur. De plus, les données sur les activités, en matière de déchets de bois et de liquides résiduaires, sont actuellement agrégées dans un tableau sommaire dans le BDEE (Tableau 25-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Les données agrégées doivent être réattribuées à la sous-catégorie dans laquelle le combustible est utilisé. La section A3.1.4.1 fournit des renseignements détaillés sur la méthode utilisée.

Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont estimées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission propres à chaque type de combustibles. Comme il a déjà été mentionné, afin d'accroître la précision du calcul des émissions de GES, des coefficients d'émission régionaux sont appliqués aux données provinciales et territoriales de cette nature, lorsqu'ils sont disponibles. Dans ce secteur, des coefficients d'émissions du charbon, du gaz naturel et du coke de pétrole ont été formulés sur une base régionale. Pour les autres types de combustibles, les coefficients d'émission sont appliqués aux données déclarées à l'échelle nationale.

Le Tableau A3.1–2 présente un résumé de la méthode utilisée pour la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public.

Tableau A3.1–2 **Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public**

Catégorie de source des TCD[a]	Type de combustible[b]	Source de données		
		Publication[c]	Tableau	Caractéristiques de l'offre et de la demande
1.A.1.a.i Production d'électricité	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par les services[e] Transformé en production de vapeur[e]
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
			Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
1.A.1.a.ii Production combinée d'électricité et de chaleur	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par les services[e] Transformé en production de vapeur[e]
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
			Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
1.A.1.a.iii Centrales de production de chaleur	Les émissions de cette sous-catégorie sont déclarées dans 1.A.4.a.i Commercial et institutionnel			

Notes :
a. Les catégories des TCD indiquées sont les sous-catégories de plus bas niveau pour lesquelles les émissions sont estimées.
b. Comme indiqué dans GIEC (2006) (Volume 2, Tableau 1.1.)
c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.
d. ECCC utilise les données sur le charbon par rang, toutefois, ces données sont considérées confidentielles. Les données accessibles au public ont un total récapitulatif pour le charbon.
e. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source des TCD avant le calcul des émissions.

A3.1.4.1.2. Raffinage du pétrole (catégorie 1.A.1.b des TCD) et Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c des TCD)

Pour satisfaire aux exigences concernant les modalités, procédures et lignes directrices (MPL) du cadre de transparence renforcée de l'Accord de Paris, les données sur les activités de la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques ont été réattribuées à trois sous-catégories distinctes du GIEC, qui englobent toutes les trois les émissions associées à l'utilisation des combustibles produits aux installations (p. ex., combustion de charbon à une mine de charbon ou de gaz naturel à une installation pétrolière ou gazière) ainsi qu'à l'utilisation de combustibles achetés. Les émissions de combustion associées à la production de charbon sont attribuées à la catégorie 1.A.1.c.i – Fabrication de combustibles solides. Les émissions de combustion associées à la production de pétrole brut et de gaz naturel, ainsi qu'à la valorisation du bitume naturel et du pétrole lourd, sont attribuées à la catégorie 1.A.1.c.ii – Extraction de pétrole et de gaz. Les émissions de combustion qui soutiennent la fabrication de biocombustibles sont attribuées à 1.A.1.c.iii – Autres industries énergétiques.

La méthode employée pour estimer les émissions de ces sous-catégories consiste à appliquer l'Équation A3.1–1 à l'échelle nationale et à soustraire les volumes des combustibles torchés et évacués pour le Raffinage du pétrole et l'Extraction de pétrole et de gaz. Les données sur l'utilisation des combustibles présentées dans le BDEE incluent les volumes de combustibles brûlés par torchage et évacués ; toutefois, les émissions attribuables à l'évacuation et au torchage sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie des Émissions fugitives. Pour éviter la double comptabilisation des émissions, les données sur la consommation de combustibles, la teneur énergétique et les émissions associées à l'évacuation et au torchage sont soustraites. Veuillez consulter la section A3.2.2.8 pour plus de détails.

Pour déterminer quelles données sur les activités sont associées à la sous-catégorie Raffinage du pétrole, il faut réattribuer certaines des données déclarées dans le BDEE à la ligne Autoconsommation. La sous-catégorie Raffinage du pétrole comprend tous les produits pétroliers raffinés déclarés comme étant consommés par les producteurs (autoconsommation), sauf dans les provinces où il n'y a pas de raffineries, et ces produits pétroliers raffinés consommés par les producteurs sont alors attribués à l'Extraction de pétrole et de gaz. Les quantités matérielles de gaz de pétrole liquéfiés (GPL) déclarées dans le BDEE en tant que consommation par les producteurs sont divisées entre le gaz propane et le gaz butane en fonction des données énergétiques déclarées dans le BDEE.

Le calcul des émissions associées aux combustibles énumérés ci-dessous se fait en additionnant les données sur les activités déclarées sous les rubriques Fabrication de produits raffinés du pétrole et Consommation par les producteurs, et en appliquant l'Équation A3.1–1 au :

- coke de pétrole
- gaz de distillation
- kérosène
- mazout léger
- mazout lourd
- butane
- propane

En outre, les données sur les activités liées au combustible utilisé par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur sont actuellement agrégées à deux lignes du sommaire dans le BDEE (Transformé en énergie électrique par industries, et Transformé en production de vapeur). Les données regroupées doivent être réattribuées à l'industrie dans laquelle le combustible est utilisé. La réattribution fait appel à l'une des deux méthodes présentées à la section A3.1.4.1. En raison d'un manque de ventilation par industrie, dans la rubrique autoconsommation du BDEE, la sous-catégorie de la fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques n'inclut pas les émissions liées aux carburants utilisés à des fins de transport indiqués ci-dessous; ces émissions sont déclarées dans la sous-catégorie Raffinage du pétrole. De manière générale, pour la sous-catégorie du Raffinage du pétrole, les émissions provenant de la combustion des carburants de transport ci-après sont calculées à l'aide des données sur les activités déclarées dans le BDEE sous la rubrique Autoconsommation et de l'Équation A3.1–1 :

- essence d'aviation
- carburéacteur
- diesel
- essence à moteur

L'estimation des émissions de N_2O issues du coke de pétrole et de l'essence à moteur est réalisée à l'aide des coefficients d'émission par défaut du GIEC, qui sont basés sur le pouvoir calorifique du combustible. Le pouvoir calorifique supérieur du coke de pétrole est indiqué dans le BDEE, qui est ajusté pour tenir compte de la variation annuelle de la densité du coke de pétrole en fonction de la consommation pondérée de carburant déclarée par les usines de valorisation. Ainsi, les coefficients d'émission du coke de pétrole issu de la valorisation du bitume naturel et du raffinage du pétrole brut changent sur une base annuelle. Les coefficients de conversion entre le pouvoir calorifique supérieur et le pouvoir calorifique inférieur, une étape essentielle pour établir les coefficients d'émission annuels, sont fondés sur les données déclarées au Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CCDEE) (CCDEE, 2023) et publiées par ce dernier.

Pour calculer les émissions de GES des sous-catégories Fabrication des combustibles solides et Extraction de pétrole et de gaz, les données sur les activités associées aux combustibles énumérés ci-dessous et déclarées à la ligne Consommation du producteur et à la partie applicable de la ligne Extraction Minière et de Pétrole et de Gaz du BDEE ont été utilisé dans l'Équation A3.1–1 :

- gaz naturel
- charbon
- diesel
- propane
- butane
- coke de pétrole
- gaz de distillation
- mazout lourd

La rubrique Consommation par le producteur du BDEE inclut le coke de pétrole, le gaz de distillation et le diesel utilisés par les raffineries et par l'industrie de raffinage du bitume brut. Le Tableau 25-10-0085-01, Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole, du BDEE présente de l'information sur la proportion de combustible consommé par l'industrie du raffinage du pétrole brut. Ces renseignements servent à attribuer les quantités pertinentes de coke de pétrole et de gaz de distillation à la sous-catégorie de l'Extraction de pétrole et de gaz (catégorie 1.A.1.c.ii des TCD). Le diesel déclaré en tant que consommation par les producteurs (autoconsommation) est utilisé par les camions servant à l'extraction de sables bitumineux et est redistribué dans la catégorie Autres moyens de transport (hors route) (voir la section A3.1.4.2.1).

La ligne du total pour l'Exploitation minière et l'Extraction de pétrole et de gaz du BDEE comprend l'utilisation de combustibles aux mines de charbon, aux mines de produits non énergétiques (notamment l'extraction de métaux, de sable, de gravier et d'autres agrégats, l'extraction de potasse, l'extraction de diamants, etc.) et aux installations participant à la production de pétrole brut et de gaz naturel. Le niveau de précision du BDEE n'est pas suffisant pour distinguer les combustibles consommés dans les mines de charbon ou de produits non énergétiques ou lors de l'extraction de pétrole et de gaz pour les attribuer aux catégories des TCD suivantes : Fabrication de combustibles solides (1.A.1.c.i), Exploitation minière (1.A.2.g.iii) et Extraction de pétrole et de gaz (1.A.1.c.ii). D'autres sources de données sont donc utilisées pour attribuer la consommation de combustibles aux bonnes catégories. L'utilisation de combustibles aux exploitations de la houille est estimée à partir de données extraites de l'étude de l'industrie canadienne du charbon (Cheminfo et Clearstone, 2014), tandis que la consommation de combustibles pour l'industrie minière de produits non énergétiques repose sur des données du CCDEE (CCDEE, s.d.[a]; SCIAN 2122 et 2123). Comme l'industrie du pétrole et du gaz au Canada est la plus grande de ces trois industries, le reste des combustibles consommés dans la ligne du total pour l'Exploitation minière et l'Extraction de pétrole et de gaz après soustraction de la consommation de combustibles pour l'exploitation de la houille et l'extraction de produits non énergétiques est attribué à l'Extraction de pétrole et de gaz. Pour des explications plus détaillées sur la procédure d'attribution, veuillez consulter le tableau qui illustre la Relation entre les émissions de GES par secteurs économiques du Canada et par secteurs du GIEC, se trouvant dans le dossier des Secteurs économiques du site Web des données ouvertes du gouvernement du Canada.

Comme il a été mentionné dans la section A3.1.4.1.1, les émissions nationales attribuables au charbon sont établies à partir des estimations provinciales et territoriales regroupées.

La sous-catégorie Autres industries énergétiques comprend les données sur la fabrication de biocombustibles. Dans le BDEE, il n'y a pas qu'une seule ligne qui rapporte la fabrication de biocombustibles. Selon le type du biocombustible et des autres activités principales au niveau des industries, les données sur les activités peuvent être déclarées sous les lignes du BDEE suivantes : Fabrication de produits chimiques et engrais, Autres industries manufacturières et Fabrication de produits raffinés du pétrole. Afin de calculer les émissions des GES provenant de la sous-catégorie Autres industries énergétiques, il est nécessaire de réaffecter quelques données sur les activités associées aux combustibles listés ci-dessous et déclarés sous les lignes du BDEE suivantes : Fabrication de produits chimiques et engrais, Autres industries manufacturières et Fabrication de produits raffinés du pétrole. Les combustibles listés ci-dessous sont employés dans l'Équation A3.1–1 :

- gaz naturel
- diesel
- mazout léger
- kérosène et mazout pour poêles
- mazout lourd
- butane
- propane

La réaffectation de ces combustibles était effectuée à l'aide de fractions développées à partir des quantités de combustibles déclarées dans l'enquête de la CIE, comme suit :

- Les installations de fabrication de biocombustibles ayant participé à l'enquête de la CIE, ont été identifiées en se basant sur l'Enquête mensuelle sur les carburants renouvelables et l'hydrogène.
- Pour chaque type de combustible, chaque ligne du BDEE et chaque province ou territoire, les données sur l'utilisation des combustibles déclarées par le fabricant de combustibles dans le cadre de l'enquête de la CIE permettent de développer une fraction d'utilisation totale des combustibles.
- Les fractions sont alors appliquées dans les lignes : Fabrication de produits chimiques et engrais, Autres industries manufacturières et Fabrication de produits raffinés du pétrole, et ce, afin de déterminer la portion de cette ligne qui devrait être réaffectée à la sous-catégorie Autres industries manufacturières.
- Cette portion est soustraite des données sur les activités déclarées dans cette ligne et elle est ajoutée à la sous-catégorie Autres industries manufacturières.
- Dans les cas où les données d'enquête de la CIE n'existent pas pour chaque année de production de l'installation, la première fraction disponible est appliquée.

De plus, les données sur les activités, en matière de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, sont actuellement regroupées dans un tableau sommaire du BDEE (Tableau 25-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Une portion de déchets de bois est réaffectée à la sous-catégorie Autres industries manufacturières à l'aide de la méthode détaillée dans la section A3.1.4.1.

Le Tableau A3.1–3 présente un résumé de la méthode utilisée pour cette catégorie des TCD.

Tableau A3.1–3 **Méthodes d'estimation des émissions dans les catégories Raffinage du pétrole, Fabrication de combustibles solides et Extraction de pétrole et de gaz**

Catégorie de source des TCD[a]	Type de combustible[b]	Source de données		
		Publication[c]	Tableau	Caractéristiques de l'offre et de la demande
1.A.1.b. Raffinage du pétrole	Combustibles solides[d]	I		
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Autoconsommation[h] Fabrication de produits raffinés du pétrole
			Tableau 25-10-0085-01 Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, et de coke de pétrole	S.O.
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de produits raffinés du pétrole
	Biomasse	I		
1.A.1.c.i Fabrication de combustibles solides	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Autoconsommation[f] Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz[g]
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz[g]
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz[g]
	Biomasse	I		
1.A.1.c.ii Extraction de pétrole et de gaz	Combustibles solides[d]	I		
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Autoconsommation[h] Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz[i]
			Tableau 25-10-0085-01 Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, et de coke de pétrole	S.O.
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Autoconsommation[h] Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz[i]
	Biomasse	I		
1.A.1.c.iii Autres industries énergétiques	Combustibles solides[d]	I		
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de produits chimiques et engrais[e] Autres industries manufacturières[e]
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de produits raffinés du pétrole[e] Fabrication de produits chimiques et engrais[e] Autres industries manufacturières[e]
	Biomasse	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel		

Notes :
I = Inexistant
S.O. = sans objet
a. Les catégories des TCD indiquées sont les sous-catégories de plus bas niveau pour lesquelles les émissions sont estimées.
b. Comme décrit dans GIEC (2006) (Volume 2, Tableau 1.1.).
c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.
d. ECCC utilise les données sur le charbon par rang, toutefois, ces données sont considérées confidentielles. Les données accessibles au public ont un total récapitulatif pour le charbon.
e. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source des TCD avant le calcul des émissions.
f. L'autoconsommation de combustibles fossiles est attribuée à cette catégorie des TCD et à ce type de combustibles.
g. La partie du combustible consommé dans les exploitations houillères est attribuée à cette catégorie des TCD.
h. L'autoconsommation de combustibles liquides et gazeux est attribuée à cette catégorie des TCD.
i. La partie du combustible consommé dans les installations d'extraction de pétrole et de gaz est attribuée à cette catégorie des TCD.

A3.1.4.1.3. Industries manufacturières et construction (catégorie 1.A.2 des TCD)

La catégorie Industries manufacturières et construction inclut plusieurs catégories industrielles. Les données sur les activités indiquées dans le BDEE sont déclarées pour les grandes catégories d'activité économique et industrielle de consommation de combustibles, mais elles n'incluent pas le combustible utilisé par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur. Ces données sont indiquées à deux lignes différentes du sommaire dans le BDEE (Transformé en énergie électrique par industries et Transformé en production de vapeur), lesquelles ne sont pas ventilées par sous-secteurs industriels. De plus, des données sur les activités, en matière de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, sont actuellement agrégées à un tableau sommaire dans le BDEE (Tableau 25-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Les données agrégées doivent être réattribuées à l'industrie dans laquelle le combustible est utilisé. Cette méthode de réattribution est décrite en détail à la section A3.1.4.1.

Les émissions sont calculées pour les catégories suivantes :

- Exploitation minière
- Sidérurgie
- Métaux non ferreux
- Produits chimiques
- Pâtes, papiers et imprimerie
- Minerais non métalliques
- Construction
- Autres industries manufacturières (y compris Transformation des aliments, boissons et tabac)

Les émissions de GES de la catégorie Industries manufacturières et construction sont calculées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités qui sont publiées dans le BDEE et aux coefficients d'émission correspondant à chaque type de combustible (comme présenté à la section A6.1). La section A3.1.4.1.1 comprend une description de la manière dont sont traitées les émissions attribuables au charbon et au gaz naturel. Les émissions issues des combustibles utilisés comme matières premières sont déclarées dans le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits, alors que celles générées par l'utilisation de carburants de transport (p. ex., diesel et essence) sont déclarées dans la catégorie Transports.

Toutes les émissions attribuables à la fabrication et à l'utilisation de coke métallurgique par l'industrie sidérurgique pour la réduction des oxydes de fer du minerai dans les hauts-fourneaux ont été attribuées au secteur des Procédés industriels et utilisation des produits.

La consommation industrielle de biomasse et de lessive de pâte épuisée est déclarée dans le BDEE, mais certaines données sont limitées. Les données du BDEE pour Terre-Neuve-et-Labrador et la Nouvelle-Écosse ont été combinées. Des données recueillies au niveau des installations sont utilisées pour réattribuer cette consommation à la Nouvelle-Écosse.

Tel que décrit dans la section A3.1.4.1.2, la ligne du total de consommation de combustibles pour l'Exploitation minière et l'Extraction de pétrole et de gaz du BDEE inclus l'utilisation de combustibles dans les mines de charbon, les mines de produits non énergétiques (notamment l'extraction de métaux, de sable, de gravier et d'autres agrégats, extraction de potasse, extraction de diamants, etc.) et dans les installations participant à la production de pétrole brut et de gaz naturel. Le niveau de précision du BDEE n'est pas suffisant pour distinguer les combustibles utilisés dans les mines de charbon, les mines de produits non énergétiques et l'extraction de pétrole et de gaz pour les attribuer à la Fabrication de combustibles solides (1.A.1.c.i), à l'Exploitation minière (1.A.2.g.iii) et à l'Extraction de pétrole et de gaz (1.A.1.c.ii), respectivement. D'autres sources de données sont donc utilisées pour attribuer la consommation de combustibles aux bonnes catégories. La consommation de combustibles pour l'industrie minière de produits non énergétiques repose sur des données du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CCDEE, s.d.[a]; SCIAN 2122 et 2123). Pour des explications plus détaillées sur la procédure d'attribution, veuillez consulter le tableau qui illustre la Relation entre les émissions de GES par secteurs économiques du Canada et par secteurs du GIEC, se trouvant dans le dossier des Secteurs économiques du site Web des données ouvertes du gouvernement du Canada.

La catégorie Autres industries manufacturières comprend également les émissions de GES associées à la combustion de déchets à des fins énergétiques, ce qui comprend des déchets solides municipaux, dont des déchets médicaux. Une partie des déchets est considérée comme biogène, de sorte que les émissions de CO_2 associées à la combustion de cette partie sont déclarées, mais non incluses dans le total national. Les émissions de CH_4 et de N_2O associées à la partie biogène sont déclarées dans la combustion de la biomasse, tandis que les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O associées à la combustion de la partie non biogène sont déclarées dans la combustion des combustibles fossiles.

Les combustibles résiduaires dans l'industrie du ciment sont composés d'huiles usées, de pneus, de bardeaux, de plastiques, de solvants et d'autres déchets à base de combustibles fossiles, ainsi que de boues d'épuration séchées, de papier, de farine animale, de graisses animales et d'autres déchets de biomasse. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant de la combustion de combustibles résiduaires sont calculées à l'aide des données fournies par l'Association canadienne du ciment et déclarées par le CCDEE (s.d. [b]) en unités énergétiques de 1990 à 2016. À partir de 2017, les émissions provenant de la combustion de combustibles résiduaires mixtes proviennent des données déclarées par l'installation fournies dans le PDGES (ECCC, 2025b). Les émissions de CH_4 et N_2O associées à la combustion de la partie non biogénique sont déclarées sous d'autres combustibles fossiles. Le Tableau A3.1–4 présente un résumé de la méthode utilisée pour la catégorie Produits minéraux non métalliques.

Tableau A3.1–4 Méthodes d'estimation des émissions pour la catégorie Industries manufacturières et Construction

Catégorie de source des TCD[a]	Type de combustible[b]	Source de données		
		Publication[c]	Tableau	Caractéristiques de l'offre et de la demande
1.A.2.a. Sidérurgie	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de fer et acier
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
1.A.2.b. Métaux non ferreux	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication d'aluminium et métaux non ferreux
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
1.A.2.c. Produits chimiques	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de produits chimiques et engrais
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
		RIN	Figure 7–2 Méthane récupéré du traitement des eaux usées	
1.A.2.d. Pâtes, papier et imprimerie	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de pâtes et papiers
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
		RIN	Figure 7–2 Méthane récupéré du traitement des eaux usées	
1.A.2.e. Transformation des aliments, boissons et tabac	Les émissions de cette sous-catégorie sont comprises dans 1.A.2.g.viii.1. Autres industries manufacturières.			
1.A.2.f. Produits minéraux non métalliques	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Fabrication de ciment
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Autres combustibles fossiles[f]	CEEDC	Base de données du CEEDC sur les indicateurs d'énergie, d'émissions et de production pour l'industrie canadienne.	
		PDGES	Programme de gaz à effet de serre (PDGES) - Données sur les gaz à effet de serre (GES) des installations - Portail Gouvernement ouvert (canada.ca)[g]	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
		PDGES	Programme de gaz à effet de serre (PDGES) - Données sur les gaz à effet de serre (GES) des installations - Portail Gouvernement ouvert (canada.ca)[g]	
1.A.2.g.iii Exploitation minière	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz[h]
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	I	
1.A.2.g.v Construction	Combustibles solides[d]	BDEE	I	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Construction
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	I	
1.A.2.g.viii.1 Autres industries manufacturières	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Autres industries manufacturières
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Autres combustibles fossiles	RIN	Tableau A3.6–10 Estimation en tonnes des déchets incinérés[i]	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
		RIN	Tableau A3.6–10 Estimation en tonnes des déchets incinérés[i]	
			Figure 7–2 Méthane récupéré du traitement des eaux usées	

Notes :
I = Inexistant
a. Les catégories des TCD indiquées sont les sous-catégories de plus bas niveau pour lesquelles les émissions sont estimées.
b. Comme décrit dans GIEC (2006) (Volume 2, Tableau 1.1.).
c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.
d. ECCC utilise les données sur le charbon par rang, toutefois, ces données sont considérées confidentielles. Les données accessibles au public ont un total récapitulatif pour le charbon.
e. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source des TCD avant le calcul des émissions.
f. Les autres combustibles fossiles déclarés dans cette catégorie des TCD sont les mélanges de combustibles résiduels utilisés dans les fours à ciment.
g. La partie non biogène de l'incinération des combustibles résiduaires mixtes est incluse dans Autres combustibles fossiles et la partie biogène est ajoutée à la biomasse.
h. La partie de combustible consommée des exploitations de minéraux non énergétiques est attribuée à cette catégorie des TCD.
i. La partie non biogène de l'incinération des DSM est incluse dans Autres combustibles fossiles et la partie biogène est ajoutée à la biomasse.

Les catégories Produits chimiques, Autres industries manufacturières et Pâte, papier et imprimerie comprennent les émissions de GES associées à la combustion de gaz de boues d'épuration provenant du traitement des eaux usées. Comme le gaz des boues d'épuration est considéré comme un biocarburant, les émissions de CO_2 associées à la combustion sont déclarées, mais ne sont pas incluses dans le total national. Les émissions de CH_4 et de N_2O sont toutefois incluses.

A3.1.4.1.4. Autres secteurs (catégorie 1.A.4 des TCD)

La catégorie Autres secteurs comprend trois sous-catégories : Commercial et institutionnel, Résidentiel, et Agriculture, foresterie et pêches. Les émissions de GES associées à cette catégorie (à l'exception des émissions de la combustion de bois de chauffage résidentiel) sont calculées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités déclarées dans le BDEE et aux coefficients d'émission correspondant à chaque type de combustible (voir la section A6.1).

Les données sur les activités utilisées dans le calcul des émissions de GES de la combustion de bois de chauffage résidentiel sont fondées sur une estimation de l'utilisation de combustible, déterminée à la lumière de l'étude *Residential Fuelwood Consumption in Canada* (ECCC, 2024). Les données sur la consommation de bois de chauffage pour les provinces ont été obtenues dans le cadre de l'Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages pour les années 1997 et 2003 (Statistique Canada, s.d.[e]) et lors de l'Enquête sur les ménages et l'environnement (EME) pour les années 2007, 2015, 2017, 2019 et 2021 (Statistique Canada, s.d.[c]). Les données sur la consommation de granules de bois et de bûches de bois écologique ont été recueillies pour les années 1996, 2006 et 2012 dans le cadre de l'Enquête sur la consommation de bois de chauffage résidentiel au Canada (Canadian Facts, 1997; TNS, 2006; TNS, 2012) et pour les années 2017, 2019 et 2021 à l'aide de l'EME (Statistique Canada, s.d.[c]). Ces données ont été recueillies par province et regroupées selon huit grandes catégories d'appareils :

- foyers
- foyers encastrables
- poêles à bois
- chaudières à bois
- poêles à granules
- radiateur hydronique
- chauffe-eau
- autres appareils

Certains de ces types d'appareils ont été subdivisés selon qu'ils font appel à une technologie avancée (catalytique ou non catalytique) ou à une technologie conventionnelle.

Les enquêtes de 2017, 2019 et de 2021 ont également recueilli des données sur le type de bois utilisé par unité de rapprochement et la teneur en humidité du bois. La section A3.5.1 décrit les limites des unités de rapprochement en détail. Comme les données sur la consommation de bois de chauffage ont été obtenues en volume, une valeur de densité moyenne par unité de rapprochement a été déterminée en se basant sur la proportion relative des différents types de bois employés, les densités correspondantes et la teneur en humidité du bois. Les densités de bois proviennent de diverses études canadiennes sur les densités de bois (Alemdag, 1984; Gonzalez, 1990; Jessome, 2000). Le rapport du bois utilisé, par unité de rapprochement, et la teneur en humidité du bois comparativement à la consommation totale de bois de chauffage dans la province, ont été appliqués à toutes les enquêtes. Les données de consommation des granules de bois et de bûches de bois écologique ont été recueillies selon la masse.

La quantité de biomasse consommée pour les autres années a été interpolée et extrapolée à l'aide du nombre de degrés-jours de chauffage dans chaque province durant les années d'enquête.

Les données sur la consommation de bois de chauffage pour les territoires proviennent de la Base de données nationale sur les forêts (CCMF : BDNF, s.d.). Étant donné qu'aucune donnée n'est disponible sur le type d'appareil utilisé dans les territoires, il est supposé que tous les appareils sont conventionnels.

Les émissions de GES ont été calculées en multipliant la quantité de biomasse brûlée dans chaque appareil par le coefficient d'émission approprié.

Les émissions de CO_2 provenant de la combustion de biomasse dans la catégorie Résidentiel sont déclarées, mais pas incluses dans le total national. Cependant, les émissions de CH_4 et de N_2O sont incluses.

La catégorie Commercial et institutionnel inclut les émissions de GES associées à la combustion de gaz d'enfouissement, de gaz des boues d'épuration provenant du traitement des eaux usées et de gaz de digesteurs utilisé à des fins énergétiques. Le gaz d'enfouissement, le gaz des boues d'épuration et le gaz de digesteurs étant considérés comme des biocarburants, les émissions de CO_2 issues de la combustion sont déclarées, mais elles ne sont pas incluses dans le total national. Cependant, les émissions de CH_4 et de N_2O sont incluses.

La catégorie Commercial et institutionnel comprend également les émissions de GES associées à la combustion de déchets à des fins énergétiques, ce qui comprend des déchets solides municipaux, dont des déchets médicaux. Une partie des déchets est biogène, et les émissions de CO_2 associées à la combustion de cette partie sont déclarées, mais non incluses

dans le total national. Les émissions de CH_4 et de N_2O associées à la partie biogène sont déclarées dans la combustion de la biomasse, tandis que les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O associées à la combustion de la partie non biogène sont déclarées dans la combustion des combustibles fossiles.

En outre, les données sur les activités, en matière de combustible utilisé par l'industrie (y compris la catégorie Commercial et institutionnel) pour produire de l'électricité, sont actuellement agrégées à une ligne du sommaire dans le BDEE (Transformé en énergie électrique par industries). Des données sur les activités, en matière de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, sont actuellement agrégées à un tableau sommaire dans le BDEE (Tableau 25-10-0031-01 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Les données agrégées sur l'utilisation des combustibles doivent être réattribuées à la sous-catégorie appropriée. La méthode de réattribution est décrite à la section A3.1.4.1.

La catégorie Agriculture, foresterie et pêches (catégorie 1.A.4.c des TCD) inclut seulement les émissions des sources fixes des industries agricoles et forestières. Les émissions proviennent de l'exploitation de la machinerie sur place et du chauffage des installations et sont estimées à l'aide des données sur l'utilisation de combustibles par l'agriculture et la foresterie déclarées dans le BDEE. Les émissions issues des pêches sont déclarées dans la catégorie Transports ou dans la catégorie Autres industries manufacturières (c.-à-d. la transformation des aliments). Les émissions des sources mobiles qui se rattachent à cette catégorie ne sont pas ventilées et sont toutes incluses dans la sous-catégorie du transport hors route ou du transport maritime de la catégorie Transports.

Le Tableau A3.1–5 présente un résumé de la méthode utilisée pour cette catégorie des TCD.

Tableau A3.1–5 **Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Autres secteurs**

Catégorie de source des TCD[a]	Type de combustible[b]	Source de données		
		Publication[c]	Tableau	Caractéristiques de l'offre et de la demande
1.A.4.a.i Commercial et institutionnel – combustion fixe	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Commerces et autres institutions Administrations publiques
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
			Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Autres combustibles fossiles	RIN	Tableau A3.6–10 Estimation en tonnes des déchets incinérés[f]	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	
		RIN	Tableau A3.6–6 CH_4 produit, récupéré et émis dans les sites d'enfouissement de déchets solides	
			Tableau A3.6–10 Estimation en tonnes des déchets incinérés[f]	
			A3.6.2.2.2 Digestion anaérobie aux installations de biogaz (5.B.2) Sources de données	
			Figure 7–2 Méthane récupéré du traitement des eaux usées	
1.A.4.b.i Résidentiel – Combustion fixe	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Résidentiel
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
			Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	Estimation fondée sur le modèle de consommation résidentielle de bois de chauffage d'ECCC		
1.A.4.c.i Agriculture/ foresterie/pêche – Combustion fixe	Combustibles solides[d]	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	Transformé en énergie électrique par l'industrie[e] Transformé en production de vapeur[e] Foresterie et exploitation forestière et activités de soutien à la foresterie Agriculture
	Combustibles liquides	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
			Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel	
	Combustibles gazeux	BDEE	Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités naturelles	
	Biomasse	BDEE	Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel	

Notes :
a. Les catégories des TCD indiquées sont les sous-catégories de plus bas niveau pour lesquelles les émissions sont estimées.
b. Comme décrit dans GIEC (2006) (Volume 2, Tableau 1.1.)
c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.
d. ECCC utilise les données sur le charbon par rang, toutefois, ces données sont considérées confidentielles. Les données accessibles au public ont un total récapitulatif pour le charbon.
e. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source des TCD avant le calcul des émissions.
f. La partie non biogène de l'incinération des DSM est incluse dans Autres combustibles fossiles, et la partie biogène est ajoutée à la biomasse.

A3.1.4.2. Transports (catégorie 1.A.3 des TCD)

Les émissions de GES de la catégorie Transports sont réparties en six sous-catégories :

- Transport aérien intérieur
- Transport routier
- Transport ferroviaire
- Transport maritime intérieur
- Autres moyens de transport (transport par pipeline)
- Autres moyens de transport (hors route)

Les estimations sont établies à l'échelle provinciale et territoriale, puis sont regroupées à l'échelle nationale. Les émissions issues de l'utilisation de combustibles associées à la catégorie Transports sont calculées au moyen de diverses variantes de l'Équation A3.1–1.

Les émissions de CO_2 dépendent surtout du type et des caractéristiques du carburant utilisé, alors que celles de N_2O et de CH_4 sont imputables au type de carburant et aux technologies antipollution utilisées. L'Annexe 6 fournit la liste complète des coefficients d'émission liés aux transports accompagnés de leurs références.

En ce qui concerne les catégories Transports routiers et Autres moyens de transport (hors route), le Canada utilise la version MOVES3 du modèle des émissions des véhicules à moteur (MOVES), mis au point par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (U.S. EPA) et une version modifiée du modèle NONROAD de l'U.S. EPA. Ces mises à niveau ont eu lieu principalement pour correspondre aux changements réglementaires pertinents au parc de véhicules canadien, lesquels sont harmonisés à ceux des États-Unis, pour aligner les estimations de GES sur celles publiées dans le *Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada 1990-2024* et le *Rapport d'inventaire de carbone noir du Canada 2013-2024*, de même que pour créer un inventaire ascendant des émissions hors route en se servant des données sur l'équipement et des données opérationnelles. Un autre avantage du modèle NONROAD est qu'il est possible d'attribuer des émissions à des sous-secteurs économiques additionnels selon l'équipement. Par conséquent, dans le système de classification des TCD, certaines émissions hors route sont réattribuées aux catégories 1.A.2 et 1.A.4. Le modèle des émissions de GES de l'aviation du Canada (MEGESA) est utilisé pour calculer les émissions de l'aviation. L'Outil d'inventaire des émissions des navires (OIEN) est utilisé pour calculer les émissions attribuables au transport maritime. Les émissions attribuables au transport ferroviaire sont dérivées du combustible déclaré dans le rapport des émissions provenant des locomotives de l'Association des chemins de fer du Canada. Les émissions de combustion provenant du transport par pipeline sont estimées séparément.

A3.1.4.2.1. Transport routier (catégorie 1.A.3.b.i-v des TCD) et Autres moyens de transport (hors route) (catégories 1.A.2.g.vii, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii et 1.A.4.c.ii des TCD)

Les émissions de GES attribuables au Transport routier et aux Autres moyens de transport (hors route) sont calculées au moyen d'une méthode de Niveau 3 détaillée du GIEC. Puisque ces deux catégories sont collectivement standardisées pour le combustible disponible tel que déclaré dans le BDEE, une méthode combinée pour ces deux catégories est décrite ci-dessous.

Étape 1 – Données sur les activités sur route : parcs de véhicules, pénétration de la technologie, taux d'accumulation de kilomètres et taux de consommation du carburant

Parcs de véhicules

Les véhicules sont répartis en différentes classes en fonction du type de carburant utilisé, du type de carrosserie (voiture ou camion) et du poids nominal brut du véhicule (PNBV). Le PNBV est le poids maximal autorisé d'un véhicule routier pleinement chargé et comprend le poids du véhicule, le carburant, les passagers, la cargaison, et d'autres objets divers, y compris les accessoires en option. Les véhicules légers (voitures) et les camions légers (camionnettes, fourgonnettes, VUS, etc.) ont un PNBV inférieur ou égal à 3 856 kg, et les véhicules lourds un PNBV supérieur à 3 856 kg.

Six sources de données distinctes servent à dresser le profil détaillé du parc automobile. La taille totale des parcs de véhicules pour la période de 1990 à 2024 est tirée des bases de données d'immatriculation annuelle des véhicules de Statistique Canada (2015, 2020 et 2025). Pour les années de 1990 à 2023, la répartition de ces véhicules selon la classe de véhicule et le type de technologie a été réalisée au moyen des données sur les parcs de véhicules légers, obtenues de la firme DesRosiers Automotive Consultants Inc, et sur les parcs de véhicules lourds, obtenues de la firme R. L. Polk & Co (2013). Pour 2024, les données sur le parc de véhicules provenant de S&P Global ont permis d'établir des projections de répartitions fondées sur les sources de données de 2023.

Pénétration de la technologie

Pour tenir compte des effets qu'ont les technologies antipollution sur les taux d'émissions de CH_4 et de N_2O, le nombre de véhicules en service équipés de convertisseurs catalytiques et d'autres dispositifs antipollution a été estimé. La majorité des véhicules routiers utilisés en 2024 sont assujettis aux normes réglementaires de Niveau 2 et de Niveau 3, ce qui représente environ toutes les années modèles à partir de 2004. Cependant, comme une série chronologique débutant

en 1990 est estimée pour le Rapport d'inventaire national et compte tenu du fait que l'on retrouve toujours dans le parc un nombre peu élevé de véhicules des années modèles préalables à 1996, des coefficients d'émissions du CH_4 et du N_2O additionnels propres aux technologies sont également utilisés. Les technologies antipollution vont des véhicules sans dispositifs aux véhicules devant respecter les normes réglementaires de Niveau 1. Dans un même ordre d'idée, à partir de l'année modèle 1996, les véhicules lourds à essence, les véhicules lourds à moteur diesel et les motos sont équipés de dispositifs antipollution perfectionnés. Des coefficients d'émission pour les véhicules sans dispositif antipollution et/ou équipés de dispositifs de réduction modérée sont utilisés pour les années modèles 1995 et antérieures. Les coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O pour l'ensemble des technologies antipollution sont énumérés à l'Annexe 6.

Taux d'accumulation de kilométrage

Les taux d'accumulation de kilométrage (TAK) sont une mesure du kilométrage annuel moyen effectué par un véhicule d'un âge donné et d'une classe particulière. Les TAK des véhicules et des camions légers sont estimés à partir des résultats d'une étude portant sur l'écart observé entre les lectures d'odomètres de ce type de véhicules, prises lors des essais d'inspection et d'entretien successifs effectués en Ontario et en Colombie-Britannique (550572 BC Ltd, 2022). Comme les autres administrations ne disposent pas d'un programme d'inspection et d'entretien, les données sur les TAK de l'Ontario sont utilisées pour les autres provinces et les territoires du Canada, à l'exception de la Colombie-Britannique où l'on applique directement les estimations des TAK de la province.

Taux de consommation de carburant

Dans MOVES3, les taux de consommation de carburant sont incorporés au modèle sous la forme de taux d'énergie en kilojoules par seconde (kJ/s). Ces taux varient, car ils prennent en compte un éventail de paramètres par défaut ou de données d'utilisateurs, comme la classe de véhicule et l'année modèle, la vitesse, le type de chaussée et le mode opérationnel. Comme les marchés canadiens et américains sont quasiment identiques en raison de la réglementation, il est considéré que les taux d'énergie de MOVES sont représentatifs de la consommation de carburant des véhicules canadiens. MOVES tient également compte de certains facteurs liés à la réglementation plus récente sur le rendement du carburant, comme le Règlement sur les émissions des véhicules routiers et de leurs moteurs pour les véhicules légers et le Règlement sur les émissions de gaz à effet de serre des véhicules lourds et de leurs moteurs pour les véhicules lourds.

Pour ce rapport, le Canada utilise seulement la fonction d'attribution de l'énergie de MOVES. Les extrants dans MOVES sont fondés sur l'énergie, et les coefficients d'émission actuels du Canada sont établis sur la base du volume de carburant. Les données sur l'énergie de MOVES sont donc converties en volume de carburant au moyen des facteurs de conversion énergétique indiqués dans Updated CO_2 Emission Factors for Gasoline and Diesel Fuel (ECCC, 2017), et en tenant compte de l'utilisation de biocarburants (voir ci-dessous). Le modèle MOVES calcule la production d'énergie en se fondant sur un pouvoir calorifique inférieur. Le Canada prévoit d'examiner les coefficients d'émissions de GES dans MOVES en vue de potentiellement les utiliser dans un prochain rapport.

Étape 2 : Données sur les activités hors route : parcs de moteurs, pénétration de la technologie, taux d'utilisation annuelle, facteurs de charge des moteurs et taux de consommation de carburant

Parcs de moteurs

Les moteurs hors route sont principalement séparés en catégories du GIEC selon le type de véhicule ou d'équipement défini dans les données sur les parcs de moteurs hors route. L'ensemble de données PartsLink de Power Systems Research est la principale source de données pour les parcs de moteurs hors route. PartsLink est une ressource complète qui fournit des données sur les parcs en service de véhicules et d'équipement motorisés. Des sources de données supplémentaires sont utilisées pour répartir davantage ces populations dans les secteurs requis pour la modélisation. Par exemple, à l'aide de la base de données sur l'exploitation à ciel ouvert préparée par The Parker Bay Company, l'équipement de construction utilisé dans l'exploitation des sables bitumineux est retiré de l'équipement de construction de l'ensemble de données PartsLink et réaffecté au secteur de l'exploitation des sables bitumineux. Il est à noter que les sources de données sur les parcs de moteurs étaient limitées aux années de 1990 à 2023, ce qui a nécessité une estimation des parcs de moteurs de l'année 2024 au moyen d'une régression linéaire.

Pénétration de la technologie

Pour tenir compte des effets des technologies de contrôle des émissions sur les taux d'émission de CH_4 et de N_2O, les moteurs à essence hors route sont définis par cycle de moteur, tandis que les moteurs diesel hors route sont définis par la plage de puissance des moteurs et les normes relatives aux émissions de gaz d'échappement, le cas échéant.

Dans le cas des moteurs à essence hors route, la distinction entre les cycles de moteur à deux temps et à quatre temps est définie dans les données sur les parcs de véhicules et de moteurs provenant de Power Systems Research. Pour l'ensemble de la série chronologique, ces données indiquent que la plupart des moteurs à essence sont à quatre temps, lesquels sont généralement plus puissants et utilisés plus fréquemment que leurs homologues à deux temps.

Dans le cas des moteurs diesel hors route, la distinction entre les moteurs dont la puissance est supérieure ou inférieure à 19 kW a été déterminée à partir des données sur les parcs de véhicules et de moteurs provenant de Power Systems Research. Les moteurs d'une puissance supérieure à 19 kW qui sont assujettis aux normes d'émissions de gaz d'échappement de niveau 4 ont été déterminés à partir de la répartition des moteurs selon la technologie intégrée au modèle NONROAD. La majorité des moteurs diesel hors route ont une puissance nominale supérieure à 19 kW, et les moteurs assujettis aux normes d'émissions de gaz d'échappement de niveau 4 ont été introduits pour la première fois dans le parc de véhicules hors route en 2008.

Taux d'utilisation annuelle et facteurs de charge des moteurs

Les taux d'utilisation annuelle (TUA) sont une mesure de l'utilisation annuelle moyenne d'un seul moteur hors route pour une application particulière de moteur hors route. Pour les motocyclettes et les véhicules tout-terrain hors route à essence, ces TUA sont définis en fonction de la distance parcourue, tandis que toutes les autres applications de moteurs sont définies en fonction des heures d'utilisation. Les facteurs de charge des moteurs (FCM) renvoient à la proportion de la puissance nominale du moteur habituellement utilisée pendant l'exploitation du véhicule. À l'instar des TUA, les FCM sont définis en fonction de l'application du moteur hors route, mais ils ne sont pas utilisés dans les cas où le taux d'utilisation annuelle est fondé sur la distance parcourue, car ces taux sont fondés sur une exploitation typique.

Les TUA et les FCM proviennent principalement d'une importante étude sur l'équipement hors route menée par PSR en 2011. Cependant, certains TUA sont fondés sur des données propres au Canada. À titre d'exemple, les données sur les activités tirées de près de 2 000 annonces de motoneiges usagées ont été utilisées pour obtenir des données sur les heures d'utilisation, par cycle de moteur (ECCC, 2018).

Taux de consommation de carburant

Dans le modèle NONROAD, les taux de consommation de carburant sont intégrés sous la forme d'une consommation spécifique de carburant par HP de puissance utile ou sous la forme d'une consommation de carburant par unité de distance parcourue; cette dernière ne s'applique qu'aux motocyclettes et aux véhicules tout-terrain hors route à essence. La consommation spécifique de carburant par HP de puissance utile est une mesure du rendement du carburant et peut être estimée en divisant le taux de consommation de carburant (g/s) par la puissance produite (kW). Dans le modèle NONROAD, les taux de consommation spécifique de carburant par HP de puissance utile varient selon l'application du moteur, le type de carburant du moteur et la plage de puissance nominale du moteur.

Étape 3 : Calcul de la consommation de carburant – MOVES, NONROAD et biocarburants

MOVES

MOVES est un système de modélisation des émissions de pointe qui peut estimer la consommation d'énergie et les émissions d'une variété de procédés et de polluants, pour la plupart des configurations de véhicules routiers, sur une base horaire. Le modèle repose sur plusieurs intrants de modèle, dont un grand nombre peuvent être définis par l'utilisateur. Les principaux intrants de modèle que le Canada intègre dans MOVES sont les taux d'accumulation de kilométrage (TAK), les parcs de véhicules et les propriétés des carburants. Parmi les autres intrants clés qui sont utilisés par MOVES, mais qui ne sont pas fournis par le Canada, il convient de mentionner les cycles de conduite, les coefficients de chargement sur route et la masse des véhicules, qui éclairent les répartitions des modes de fonctionnement des véhicules effectuées par MOVES. Divers rapports techniques décrivant les intrants et les algorithmes par défaut utilisés dans MOVES sont disponibles à l'adresse suivante (en anglais seulement) : https://www.epa.gov/moves/moves-onroad-technical-reports.

NONROAD

Comparativement à MOVES, NONROAD est un modèle d'émissions relativement simple, mais il permet quand même d'estimer la consommation de carburant et les émissions de plusieurs procédés et polluants, pour la plupart des applications des moteurs hors route. Tout comme MOVES, le modèle NONROAD permet d'utiliser plusieurs intrants de modèle pouvant être définis par l'utilisateur. Les principaux intrants de modèle que le Canada intègre dans le modèle NONROAD sont les taux d'utilisation annuels, les parcs de moteurs et les propriétés des carburants. Les autres intrants clés qui sont utilisés dans le modèle NONROAD, mais qui ne sont pas fournis par le Canada, sont les taux de consommation de carburant, les taux de détérioration des moteurs et la répartition des moteurs selon la technologie. Divers rapports techniques décrivant les intrants et les algorithmes par défaut utilisés dans le modèle NONROAD sont disponibles à l'adresse suivante (en anglais seulement) : https://www.epa.gov/moves/nonroad-technical-reports.

Depuis 2008, le Canada a occasionnellement mis à jour le code source du modèle NONROAD indépendamment de l'EPA des États-Unis. La plupart de ces mises à jour visaient à mieux refléter les conditions canadiennes. Les mises à jour d'importance du code source du modèle NONROAD comprennent les suivantes :

- Permettre au modèle NONROAD de modéliser les émissions provenant de l'équipement lourd de terrassement utilisé dans l'exploitation des sables bitumineux (ESB). Comprend les taux d'utilisation annuels propres à l'ESB et les facteurs de charge des moteurs.
- Accroître la capacité du modèle NONROAD à modéliser des mélanges à teneur plus élevée en éthanol. La version du modèle NONROAD de l'EPA des É.-U. comporte une limite supérieure de 10 % de mélange d'éthanol dans l'essence.
- Permettre au modèle NONROAD d'accepter les répartitions selon l'âge définies par l'utilisateur, en fonction des données actuelles sur le parc de moteurs. La version du modèle NONROAD de l'EPA des É.-U. utilise des profils statiques de répartition selon l'âge.

À titre de prolongement du modèle NONROAD, les extrants relatifs aux huiles de graissage brûlées dans les moteurs à deux temps ont été déterminés à l'aide de rapports de mélange d'huile de graissage et d'essence propres aux années modèles (Oak Leaf Environmental Inc, 2019).

Biocarburants

MOVES et NONROAD exigent tous deux que la teneur en biocarburant soit calculée en fonction de la teneur relative (c.-à-d. en pourcentage) en tant qu'intrant, qui sont principalement dérivés des quantités de biocarburants déclarées par Navius Research (Navius Research, 2025) ainsi que des carburants correspondants déclarés dans le BDEE. Ces paramètres sont dérivés par ECCC à l'aide de renseignements recueillis au titre du Règlement sur les carburants renouvelables, de rapports sur le soufre dans les combustibles liquides et de sources connexes. Cependant, les volumes de biocarburants sont recalculés en tant qu'extrants, de sorte que les émissions peuvent être estimées en sélectionnant les coefficients d'émission appropriés à l'Annexe 6 et en appliquant l'Équation A3.1–1.

Étape 4 : Normalisation

Afin d'atténuer certaines incertitudes associées aux calculs ascendants distincts des estimations relatives aux véhicules routiers et hors route, les estimations de la consommation de carburant pour ces deux sous-secteurs sont combinées et opposées à des données descendantes sur la quantité de carburant disponible. La source de données pour l'estimation descendante de la quantité de carburant disponible à laquelle l'estimation ascendante de la consommation de carburant doit être comparée est le BDEE (Statistique Canada, s.d.[d]).

Statistique Canada a précisé que les volumes d'essence et de diesel figurant dans le BDEE comprenaient l'éthanol et le biodiesel, respectivement. Les volumes estimés d'éthanol et de diesel ont donc été retirés des volumes d'essence et de diesel déclarés. Par conséquent, pour comparer les volumes totaux d'essence et de diesel du BDEE à ceux des TCD, il faut s'assurer d'additionner les volumes d'éthanol et de biodiesel des TCD à ceux de l'essence et de diesel des TCD pour obtenir des valeurs égales d'essence et de diesel à celles du BDEE.

À l'étape 4, les estimations ascendantes de la consommation de carburant pour les véhicules routiers et hors route sont mises à l'échelle, par catégorie de carburant, pour correspondre aux quantités de carburant disponible indiquées dans le BDEE, à l'échelle des provinces et des territoires. Cependant, la méthode de mise à l'échelle varie d'un type de carburant à l'autre.

Dans le cas de l'essence et du diesel, les estimations ascendantes de la consommation de carburant sont groupées selon que le carburant est présumé provenir de pompes de vente au détail ou non, alors que les carburants déclarés au BDEE sont groupés selon que la catégorie déclarée est présumée exclure le transport hors site ou non. Le groupe d'estimations ascendantes de la consommation dont la provenance présumée est principalement la vente au détail est mis à l'échelle pour correspondre au groupe du BDEE présumé inclure le transport hors site. Le groupe d'estimations ascendantes de la consommation présumé provenir d'autres sources que la vente au détail est quant à lui mis à l'échelle pour correspondre au groupe du BDEE présumé exclure le transport hors site. Le processus définissant les groupes ascendants s'est appuyé sur l'application d'un moteur modélisé, alors que le processus définissant les groupes de carburants du BDEE s'est appuyé sur le guide de déclaration de l'Enquête annuelle sur l'utilisation finale des produits pétroliers raffinés de Statistique Canada, une enquête cruciale qui alimente le BDEE.

Pour le propane et le gaz naturel, les estimations ascendantes pour la consommation de combustibles sont regroupées en fonction du type de combustible au niveau provincial et territorial, et le volume total de combustible est mis à l'échelle pour correspondre au combustible disponible tel qu'indiqué dans le BDEE.

À l'échelle provinciale, les estimations descendantes et ascendantes de la consommation diffèrent, mais, à l'échelle nationale, le degré de correspondance entre les deux estimations est plus élevé. En ce qui concerne les véhicules routiers, le degré de correspondance est élevé pour la plupart des séries chronologiques, alors que dans le cas des véhicules hors route, le degré de correspondance est faible pour la plupart des séries chronologiques. Ces divergences sont attribuables à des différences dans la qualité des données qui alimentent le modèle utilisé pour produire les estimations ascendantes; la qualité des données sur les véhicules hors route est relativement faible en comparaison de celles sur les véhicules routiers. Veuillez consulter les Tableau A3.1–6 et Tableau A3.1–7 pour les facteurs de normalisation calculés pour les véhicules routiers et hors route au niveau national, pour l'essence et le diesel, respectivement.

Tableau A3.1–6 **Valeurs de normalisation pour l'essence, certaines années**

Catégorie	Statistiques	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Données brutes	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules routiers (ML)	37 585	36 280	42 180	35 477	37 343	40 698	40 663	42 339
	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules hors route (ML)	820	3 344	3 264	3 205	3 131	3 122	3 050	3 011
	Estimation ascendante de la consommation totale de carburant (ML)	38 405	39 624	45 444	38 682	40 474	43 820	43 713	45 350
Cibles	Estimation descendante de la quantité totale de carburant disponible (ML)	33 943	40 868	47 220	39 703	41 101	42 491	43 501	43 640
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules routiers (%)	81	99	100	99	97	93	95	92
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules hors route (%)	442	151	150	140	150	149	154	155
Mises à l'échelle	Estimation normalisée du carburant des véhicules routiers (ML)	30 318	35 814	42 314	35 207	36 401	37 833	38 790	38 976
	Estimation normalisée du carburant des véhicules hors route (ML)	3 625	5 054	4 906	4 496	4 700	4 657	4 711	4 663
	Somme de l'estimation normalisée de la consommation de carburant des véhicules routiers et hors route (ML)	33 943	40 868	47 220	39 703	41 101	42 491	43 501	43 640

Tableau A3.1–7 **Valeurs de normalisation pour le carburant diesel, certaines années**

Catégorie	Statistiques	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Données brutes	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules routiers (ML)	9 508	11 683	16 039	15 152	15 353	15 524	15 579	15 888
	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules hors route (ML)	1 581	5 918	8 846	8 757	8 707	8 698	8 703	8 676
	Estimation ascendante de la consommation totale de carburant (ML)	11 089	17 600	24 885	23 909	24 060	24 221	24 282	24 564
Cibles	Estimation descendante de la quantité totale de carburant disponible (ML)	13 188	22 785	28 175	24 622	26 301	27 076	26 500	26 333
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules routiers (%)	66	112	92	84	90	94	91	88
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules hors route (%)	438	163	152	135	143	143	142	142
Mises à l'échelle	Estimation normalisée du carburant des véhicules routiers (ML)	6 262	13 135	14 752	12 769	13 864	14 624	14 151	14 049
	Estimation normalisée du carburant des véhicules hors route (ML)	6 926	9 649	13 423	11 853	12 437	12 453	12 349	12 284
	Somme de l'estimation normalisée de la consommation de carburant des véhicules routiers et hors route (ML)	13 188	22 785	28 175	24 622	26 301	27 076	26 500	26 333

Étape 5 : Répartition du carburant provenant du transport ferroviaire

Les quantités de carburant diesel associées au transport ferroviaire, mais qui n'est pas consommé par les locomotives, sont attribuées à certains types de véhicules et d'équipement associés au transport routier et au transport hors route. Pour le transport routier, la répartition se limite aux camions légers et aux camions lourds non articulés, tandis que celle pour le transport hors route se limite à l'équipement commercial léger (p. ex. génératrices, compresseurs et pompes) et au matériel d'entretien ferroviaire. La répartition est basée sur les proportions volumétriques à l'échelle du carburant diesel consommé pour chacun des types de véhicules et d'équipement sélectionnés.

L'information sur la façon dont les quantités de carburant diesel sont attribuées est documentée à la section A3.1.4.2.4.

Étape 6 : Calcul des émissions

Une fois que la répartition finale du carburant est terminée pour toutes les classes de véhicules et tous les types d'équipement, les émissions sont calculées au moyen de l'Équation A3.1–1 avec les coefficients d'émission indiqués à l'Annexe 6.

A3.1.4.2.2. Transport aérien intérieur (catégorie 1.A.3.a des TCD)

Les émissions de GES de la catégorie Transport aérien intérieur sont calculées au moyen d'une variante de la méthode de Niveau 3 du GIEC. Le modèle de l'aviation a été désigné par l'acronyme MEGESA pour modèle des émissions de GES de l'aviation.

Cette catégorie comprend toutes les émissions de GES issues du transport aérien intérieur (commercial, privé, agricole, etc.). Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et en raison de l'utilisation de la méthode de Niveau 3, les émissions du transport aérien militaire sont déclarées dans la catégorie Autres – Sources mobiles (catégorie 1.A.5.b des TCD). Les émissions des carburants utilisés dans les aéroports pour le transport au sol, qui sont déclarées dans la catégorie Autres moyens de transport (hors route), ainsi que les émissions de combustion attribuables aux sources fixes dans les aéroports sont exclues. Les émissions liées aux vols internationaux sont désignées comme des émissions de « soutes » et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais elles sont estimées et déclarées séparément dans la catégorie Soutes internationales.

Étape 1 : Données sur les activités : mouvements d'aéronefs, longueur de la trajectoire de vol, coordonnées des aéroports, caractéristiques de la consommation d'essence d'aviation, cartographie aérienne représentative, rendement des émissions des aéronefs

Mouvements d'aéronefs

Les données sur les mouvements d'aéronefs (AMS, 2024) utilisées par le MEGESA sont les données fournies par les tours de contrôle à NAV CANADA (fournisseur des services de circulation aérienne civile au Canada) pour chaque vol depuis novembre 1996 et par Transports Canada (TC) avant novembre 1996. Ces données sont traitées par Statistique Canada (STC) et redistribuées à NAV CANADA et à Transports Canada. ECCC obtient cette information directement de Statistique Canada, de même que des données sur les mouvements d'aéronefs en provenance et à destination de petits aéroports que STC recueille directement auprès de ceux-ci et qu'il joint aux données des tours de contrôle fournies par NAV CANADA.

Les données renseignent, entre autres, sur l'origine, la destination et le type d'aéronef pour tout mouvement d'aéronefs donné au Canada. Le traitement de ces données par Statistique Canada consiste à ajouter de l'information fondée sur d'autres champs de données brutes qui lui sont fournies et à valider les renseignements sur les aéroports, les types d'aéronefs et divers champs de données qui ne sont pas essentiels à la modélisation de l'utilisation de carburant.

Les émissions du transport aérien militaire sont estimées à partir des données sur les mouvements d'aéronefs que Statistique Canada a classés dans la catégorie de ce type de transport.

Longueur de la trajectoire de vol

La longueur de la trajectoire de vol est la distance réelle parcourue entre deux aéroports. Les données sur les mouvements d'aéronefs utilisées pour la modélisation n'étant pas des données radar, elles ne reflètent pas la trajectoire exacte effectuée lors de chaque mouvement d'aéronef. Le MEGESA peut estimer la longueur de la trajectoire de vol à partir de l'information additionnelle obtenue de la Federal Aviation Administration (FAA). La FAA exploite un modèle de l'aviation appelé *Aviation Environmental Design Tool* (AEDT) (anciennement System for assessing Aviation's Global Emissions [SAGE]), qui intègre de réelles données radar. La FAA a fourni à Environnement Canada des sorties du modèle pour l'année 2005 relatives à des aéroports canadiens, y compris des mesures statistiques (écart-type moyen, maximum, minimum) de la distance radar parcourue entre le lieu d'origine et la destination pour tout type d'aéronef (Fleming, 2008a). La distance moyenne, établie en se basant sur les lieux d'origine et de destination et le type d'aéronef, a été considérée par le MEGESA comme la distance parcourue chaque fois qu'une combinaison similaire figurait dans les données sur les mouvements d'aéronefs (quelle que soit l'année civile). Cependant, il arrive parfois que le MEGESA intègre une telle combinaison sans distance moyenne correspondante. Pour ces situations, il serait nécessaire de disposer d'une autre méthode.

Une distance orthodromique[1] ajustée est utilisée lorsque la distance radar moyenne est inconnue. Un coefficient appliqué à la distance orthodromique a été établi en la comparant à la distance mesurée par radar pour une combinaison donnée de lieux d'origine et de destination et de type d'aéronef. La représentation graphique des longueurs connues mesurées par radar et des distances orthodromiques correspondantes a permis d'élaborer une équation qui peut être utilisée pour l'ajustement des distances orthodromiques brutes. Ainsi, un facteur d'ajustement a été appliqué à ces distances pour estimer la longueur de la trajectoire de vol en tenant compte du fait que les facteurs diminuent à mesure que la distance orthodromique augmente.

Coordonnées des aéroports

Tous les renseignements possibles sur les aéroports ont été extraits des données relatives aux mouvements d'aéronefs dans le MEGESA, puis définis. Ces renseignements, tels que la latitude, la longitude, l'altitude et le nom des aéroports ont été compilés à partir des données de diverses sources, dont les publications du Supplément de vol du Canada (NAV Canada, 2009, 2019a, 2020a, 2024a), les publications du Supplément hydroaérodromes du Canada (NAV Canada, 2018a, 2019b, 202b, 2024b), les codes des aéroports (NAV Canada, 2018b) de l'Association du transport aérien international (IATA) et de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), la Federal Aviation Administration (FAA, 2020), l'Airline and Location Code Search Database (IATA, 2020), SAGE (Fleming, 2008b), le Groupe de travail sur la modélisation et les bases de données (MODTF) (Fleming, 2008c) et les World Airport Codes (2024). Les coordonnées géographiques sont les principales données nécessaires pour calculer une distance orthodromique servant à l'établissement de la longueur de la trajectoire de vol.

Caractéristiques de l'utilisation de carburant par les aéronefs

Une fois que la longueur de la trajectoire de vol a été établie, la consommation de carburant par l'aéronef pour un mouvement donné peut être calculé à l'aide des caractéristiques de consommation de carburant de cet aéronef. Les caractéristiques de consommation de carburant de divers aéronefs représentatifs proviennent de la Base of Aircraft Data (BADA, 2019), de la base de données sur les émissions des moteurs de l'OACI (OACI, 2019), de la base de données sur les turbopropulseurs de la Swedish Defence Research Agency (FOI) (Hagstrom, 2010) et de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), en Suisse (OFAC, 2007).

1 Une distance orthodromique est la plus courte distance entre deux points sur une sphère; en aviation, il s'agit de la longueur de vol la plus courte possible entre le point de départ et le point d'arrivée d'un vol.

L'information de l'OACI, de la FOI et de l'OFAC sert à estimer la consommation de carburant du cycle de roulage départ, de roulage arrivée et de décollage de chaque vol. L'information de la BADA sert à estimer la consommation de carburant pour les phases de la montée initiale, de la montée, du vol en croisière, de la descente et de l'atterrissage de chaque vol.

Cartographies aériennes représentatives

Tous les renseignements possibles sur les types d'aéronefs ont été extraits des données relatives aux mouvements d'aéronefs dans le MEGESA, puis définis. Ensuite, les données pour chacun des aéronefs ont été cartographiées pour établir un aéronef représentatif avec des caractéristiques connues de la consommation de carburant pour pouvoir calculer cette consommation pour tous les aéronefs pris en compte par le MEGESA. Dans la mesure du possible, des guides de cartographies publiés ont été utilisés à l'étape de la cartographie des données (BADA, 2019; FAA, 2018; GIEC, 2006; OACI, 2016, 2024) et les caractéristiques correspondantes des aéronefs (MTOW[2], nombre de moteurs, type de moteur, etc.), en l'absence de renseignements publiés pour un aéronef donné.

Rendement des aéronefs par rapport aux émissions

Pour mieux estimer les émissions de CH_4 découlant de la consommation de carburéacteur, le MEGESA a utilisé des coefficients d'émission particuliers, lorsqu'applicable, pour le cycle d'atterrissage et de décollage. Lorsqu'il n'y a aucun coeffi8cient d'émission de CH_4 propres aux aéronefs, le coefficient par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisé. Les coefficients sont tirés du Tableau 3.6.9 des Lignes directrices 2006 du GIEC et sont convertis en grammes par litre de carburant consommé. Pour la portion du vol en croisière, les émissions de CH_4 sont présumées nulles (Wiesen et al., 1994). Pour faciliter l'utilisation des données par le grand public, le coefficient d'émission publié pour le CH_4 sera une moyenne de la flotte pour l'ensemble de la série chronologique calculée à partir du carburant total utilisé (pour l'atterrissage, le décollage et le vol en croisière).

Le Tableau 3.6.9 des Lignes directrices 2006 du GIEC indique également les coefficients d'émissions de N_2O pour le carburéacteur propres à des aéronefs et fondés sur le cycle complet d'atterrissage et de décollage, mais ces coefficients sont calculés au moyen d'un coefficient d'émission pour le carburant d'après la méthode de Niveau 1. Ainsi, ce coefficient de niveau est utilisé tel quel puisque la quantité de carburant consommé pendant le cycle d'atterrissage et de décollage est calculée par le modèle d'émission de GES de l'aviation.

Des coefficients d'émission propres à chaque pays sous forme de g/L sont utilisés pour les émissions de CO_2 produites par le carburéacteur et pour les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant de l'essence d'aviation.

Étape 2 : Calcul de la consommation de carburant d'un aéronef

Le carburant consommé pendant chacun des mouvements d'un aéronef est estimé à l'aide de l'équation suivante :

Équation A3.1–2

$$CC_{total\ pour\ le\ vol} = CC_{roulage\ départ} + CC_{décollage} + CC_{montée\ initiale} + CC_{montée} + CC_{vol\ en\ croisière} + CC_{descente} + CC_{atterrissage} + CC_{roulage\ arrivée}$$

$CC_{total\ pour\ le\ vol}$	=	Quantité totale de carburant consommé par vol
$CC_{roulage\ départ}$	=	Quantité de carburant consommé pendant le roulage départ
$CC_{décollage}$	=	Quantité de carburant consommé pendant le décollage
$CC_{montée\ initiale}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la montée initiale
$CC_{montée}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la montée
$CC_{vol\ en\ croisière}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la phase de vol en croisière
$CC_{descente}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la descente
$CC_{atterrissage}$	=	Quantité de carburant consommé pendant l'atterrissage
$CC_{roulage\ arrivée}$	=	Quantité de carburant consommé pendant le roulage arrivée

Le cycle de l'atterrissage et du décollage d'un vol (en deçà de 3 000 pi) comprend l'accélération sur la piste jusqu'à l'envol, la montée (du point où l'avion quitte la piste jusqu'à 3 000 pi), l'atterrissage (du niveau de 3 000 pi jusqu'au posé) ainsi que le roulage arrivée et le roulage départ (du poste de stationnement des aéronefs vers la piste d'aéroport et en direction inverse). Les diverses phases du cycle d'atterrissage et de décollage d'un vol sont quantifiées soit selon les durées de chaque mode (time-in-modes) standards de l'OACI, ces valeurs étant multipliées par le taux de consommation de carburant pour cette phase (selon les données de l'OACI, de la FOI et de l'OFAC), soit selon les caractéristiques de consommation de carburant de l'aéronef figurant dans la BADA, selon le cas (seulement disponibles pour les phases de montée et d'approche).

Pendant la phase de vol en croisière (au-dessus de 3 000 pi), les émissions sont calculées à l'aide des caractéristiques de consommation de carburant de l'aéronef précisées dans la BADA et la longueur de la trajectoire de vol du mouvement de l'aéronef. La phase de vol en croisière est subdivisée en trois parties : la montée (de 3 000 pi jusqu'à l'atteinte de l'altitude

2 Masse maximale au décollage

de croisière), le vol en croisière à une altitude constante (à une altitude de croisière constante atteinte à la fin de la montée) et la descente (de l'altitude de croisière à 3 000 pi). La distance qu'il faut à l'aéronef pour atteindre une altitude de croisière constante et pour effectuer sa descente à partir de cette altitude (y compris les portions de la montée et de l'approche de l'atterrissage et du décollage) est soustraite de la longueur de la trajectoire de vol pour obtenir la distance parcourue à une altitude de croisière constante.

Les segments d'atterrissage et de décollage et de vol en croisière pour tout mouvement d'aéronef sont estimés en utilisant dans un premier temps les données de cartographie de l'aéronef représentatif qui établissent un lien entre l'aéronef identifié dans les données de mouvement et un aéronef représentatif dont les caractéristiques de performance sont connues. Pour ce qui est des taux de consommation de l'aéronef représentatif qui sont fondés sur la distance, la longueur de la trajectoire de vol pour le mouvement est obtenue à partir de la liste de données radar sur les mouvements fournie par la FAAou calculée en quantifiant la distance orthodromique puis en multipliant cette valeur par un facteur d'ajustement, tel que décrit plus haut. Pour les taux de consommation de carburant qui sont fondés sur la durée de chaque segment du cycle d'atterrissage et de décollage, ces durées ont déjà été prédéfinies. Il est possible d'établir des estimations du carburant consommé pendant les segments du cycle d'atterrissage et de décollage et du vol en croisière, à l'aide des caractéristiques de consommation connues de carburant de l'aéronef, de la durée des modes et de la longueur de la trajectoire de vol.

Étape 3 : Normalisation

Toute la consommation de carburéacteur et d'essence d'aviation au Canada est déclarée dans le BDEE (Statistique Canada, s.d. [d]). Le carburant consommé, selon les estimations établies au moyen de la méthode ascendante du MEGESA, est modifié pour correspondre à la valeur du BDEE à l'échelle nationale. Des rectifications ont également été apportées aux estimations du carburant consommé lors des segments du cycle d'atterrissage et de décollage et de vol en croisière des mouvements individuels, pour l'ensemble des mouvements.

Étape 4 : Calcul des émissions

Des estimations des émissions sont établies pour chaque mouvement à partir du taux normalisé de la consommation totale de carburant et du coefficient d'émission approprié, tel qu'indiqué dans l'Équation A3.1–1. Ensuite, une estimation des émissions à l'échelle nationale est obtenue en additionnant les estimations individuelles des émissions.

A3.1.4.2.3. Transport maritime intérieur (catégorie 1.A.3.d des TCD)

L'estimation des émissions de GES attribuables à la catégorie Transport maritime intérieur est réalisée à l'aide d'une méthode de Niveau 2 du GIEC pour les émissions de CO_2 et d'une méthode de Niveau 1 du GIEC pour les émissions de CH_4 et de N_2O.

Cette catégorie comprend les émissions des navires qui naviguent entre les ports canadiens. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les émissions imputables au transport maritime militaire sont déclarées dans la catégorie Sources mobiles (catégorie 1.A.5.b des TCD). De même, les émissions issues des bateaux de pêche sont déclarées dans la catégorie Pêches (catégorie 1.A.4.c.iii des TCD). Les émissions provenant des petits bateaux de plaisance sont exclues (déclarées dans la catégorie Autres moyens de transport [hors route]). En outre, les émissions provenant des voyages internationaux à l'étranger sont désignées comme des émissions de « soute » et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux; toutefois, ces émissions font l'objet d'une estimation et sont déclarées séparément à titre informatif sous Soutes internationales. Les voyages internationaux entrants et les passages inoffensifs dans les eaux canadiennes ne sont pas déclarés.

Les émissions des navires sont établies à l'aide du OIEN, un modèle élaboré à partir des données de suivi des navires. Contrairement au BDEE, dans lequel les valeurs du carburant sont basées sur les données relatives aux ventes de carburant et organisées par pavillon de navire, l'OIEN tient compte des mouvements des navires, et les émissions nationales ou internationales sont attribuées en fonction des renseignements sur le port d'origine et le port de destination. Il est important d'examiner attentivement la comparaison entre la consommation de carburant (en termes d'énergie) dans cette sous-catégorie avec le bilan énergétique national déclaré dans le BDEE et les données de l'AIE. En raison de la conception et des procédures d'exploitation des navires, il n'est pas rare que les navires stockent des quantités importantes de carburant à bord. Cela signifie qu'il est possible pour les navires de naviguer dans les eaux canadiennes sans acheter de carburant auprès d'un fournisseur canadien. Étant donné que le BDEE est basé sur les transactions de carburant au Canada, il est possible que le secteur maritime consomme plus de carburant que ce qui est indiqué dans le bilan énergétique national. Lorsque l'on utilise la méthode de référence, le carburant excédentaire est comptabilisé comme une « importation temporaire ».

Étape 1 : Données sur les activités : Outil d'inventaire des émissions des navires

L'Outil d'inventaire des émissions des navires se sert des données sur le trafic maritime et des caractéristiques des navires pour estimer la quantité de carburant nécessaire pour chaque navire manœuvrant dans les eaux canadiennes. Les données sur le trafic maritime sont utilisées pour les années civiles 2010 et de 2015 à 2024. Cependant, l'OIEN a élaboré des données rétrospectives par tranches de cinq ans pour la période s'échelonnant de 1990 à 2015, et les quantités de carburant entre ces années ont été interpolées de façon linéaire. Puisque les années civiles de 2015 à 2024 sont les seules années pour lesquelles des estimations sont disponibles à un niveau détaillé, les proportions de la consommation de carburant pour ces années sont appliquées aux autres années civiles pour ventiler davantage la quantité de carburant.

Pour les années civiles 2010 et de 2015 à 2024, les données de l'OIEN sont basées sur les données relatives au trafic des navires provenant du Système intégré d'information sur le transport maritime (INNAV) et du Système d'identification automatique (SIA) de la Garde côtière canadienne, ainsi que sur les données sur les permis de pêche du ministère des Pêches et Océans. Les mouvements de navires sont regroupés en segments de 1 km, lesquels fournissent la distance et le temps entre chaque point. Les caractéristiques et la classification des navires sont prises en compte dans l'estimation de l'utilisation du carburant. Trois sources de consommation de carburant sont considérées : moteurs principaux, moteurs auxiliaires et chaudières. L'OIEN utilise des hypothèses générales pour les moteurs auxiliaires et les chaudières, mais davantage de paramètres sont utilisés pour déterminer le carburant consommé par les moteurs principaux. Le facteur de charge a une influence importante sur l'estimation de la consommation de carburant par les moteurs principaux; par conséquent, elle est calculée pour chaque point de données en fonction des lois de la propulsion.

Pour les années 1990 à 2010, les données ont été établies de manière rétrospective à partir de données provenant des différentes sources suivantes : les données sur la circulation des marchandises de Transports Canada de 1990 à 2005, les données, les données sur le « vrac sec » et les « conteneurs » des ports, les données sur les passagers de la Northwest and Canada Cruise Association (NWCCA) et les données démographiques de Statistique Canada.

Étape 2 : Cohérence entre l'attribution du carburant et les séries chronologiques

La quantité de carburant provenant du BDEE est comparée aux valeurs estimées par l'OIEN afin de déterminer la quantité de carburant brûlé qui a probablement été obtenu auprès de fournisseurs de carburant canadiens. La comparaison est effectuée systématiquement par région et par catégorie.

Si les valeurs de consommation de carburant du BDEE sont supérieures à celles estimées par l'OIEN (scénario 1), il est supposé, pour ce qui est des valeurs de l'OEIN, que le carburant utilisé pour le transport maritime militaire, la pêche, le transport maritime intérieur et le transport maritime international a été acheté auprès de fournisseurs canadiens. Les écarts dans les quantités de carburant entre le BDEE et l'OIEN sont attribuables à la catégorie Transport maritime internationale (soutes). Dans ce scénario, il est considéré que le modèle de l'OIEN a sous-estimé la quantité de carburant utilisé pour le transport maritime international, probablement parce que l'OIEN ne couvre que les mouvements dans les eaux canadiennes.

Si les valeurs de consommation de carburant du BDEE sont inférieures à celles estimées par l'OIEN (scénario 2), la procédure suivante est suivie :

Cas 1 – Militaire. Si la quantité de carburant dans le BDEE est supérieure à la quantité de carburant estimée par l'OIEN pour le transport maritime militaire, tout le carburant utilisé pour les opérations militaires est considéré avoir été obtenu auprès de fournisseurs canadiens. Si la quantité de carburant disponible dans le BDEE est inférieure à la quantité estimée par l'OIEN, il est considéré que la portion de carburant égale à celle du BDEE a été achetée auprès de fournisseurs canadiens et que le reste du carburant utilisé dans cette région a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Cas 2 – Pêches. Si la quantité de carburant dans le BDEE (moins le carburant utilisé pour les opérations militaires) est supérieure à la quantité de carburant estimée par l'OEIN pour les bateaux de pêche, il est alors supposé que tout le carburant utilisé pour la pêche commerciale a été obtenu auprès de fournisseurs canadiens. Si la quantité de carburant disponible dans le BDEE est inférieure à la quantité estimée par l'OIEN, la portion de carburant égale à celle du BDEE est considérée avoir été achetée auprès de fournisseurs canadiens et que le reste du carburant utilisé dans cette région a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Cas 3 – Transport maritime intérieur. Si la quantité de carburant dans le BDEE (moins le carburant utilisé pour les opérations militaires et la pêche) est supérieure à la quantité estimée par l'OIEN pour les navires effectuant des voyages intérieurs, il est alors considéré que tout le carburant utilisé pour le transport maritime intérieur a été acheté auprès de fournisseurs canadiens. Si la quantité de carburant disponible dans le BDEE est inférieure à la quantité estimée par l'OIEN, il est supposé que la portion de carburant égale à celle du BDEE a été achetée auprès de fournisseurs canadiens et que le reste du carburant utilisé dans cette région a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Cas 4 – Transport maritime international (soutes). Il est supposé que la portion de carburant égale à celle dans le BDEE (moins le carburant utilisé pour les opérations militaires, la pêche et le transport maritime intérieur) a été achetée auprès de fournisseurs canadiens pour le transport maritime international (soutes). Ainsi, il est considéré que le carburant qui équivaut à la différence entre le BDEE et l'OEIN a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Étape 3 : Calcul des émissions

Les émissions sont calculées en multipliant les quantités de carburant par les coefficients d'émission propres à chaque carburant (voir l'Annexe 6).

A3.1.4.2.4. Transport ferroviaire (catégorie 1.A.3.c des TCD)

Une méthode de Niveau 2 du GIEC est utilisée pour calculer les émissions de CO_2 et une méthode de Niveau 1 pour ce qui est des émissions de CH_4 et de N_2O. La consommation de carburant des locomotives déclarée dans le BDEE est multipliée par les coefficients d'émission propres aux divers carburants (Annexe 6). L'Association des chemins de fer du Canada constitue la principale source de données sur la consommation de carburant des locomotives (Thibault, 2025). Cet ensemble de données est comparé au volume de carburant ferroviaire dans le BDEE (Statistique Canada, s.d. [d]) et ajusté pour assurer que l'inventaire ne tient pas compte de plus de carburant que ce qui est disponible dans le bilan énergétique national. Toutefois, si le volume annuel total de carburant ferroviaire dans le BDEE excède celui de l'Association des chemins de fer du Canada, la différence est répartie au secteur routier et hors-route. Cela se produit parce que le BDEE utilise les données sur les ventes des raffineries (SCIAN 324) et des distributeurs (SCIAN 412). Les ventes sont réalisées auprès d'établissements opérant dans le secteur ferroviaire (pas seulement pour le matériel roulant). Les ventes comprennent également toutes celles effectuées auprès des établissements engagés dans les services de soutien (SCIAN 482 et 4882). Par conséquent, les ventes d'équipement de réparation, d'entretien, de nettoyage des wagons et des voies ferrées, d'équipement de chargement et déchargement, de camions, de génératrices, etc., sont incluses dans les volumes de carburant du BDEE.

Au Canada, les locomotives sont essentiellement alimentées au carburant diesel. Un examen des émissions attribuables aux activités des trains à vapeur au Canada a montré que les émissions associées aux trains à vapeur ne sont pas significatives. Les émissions des locomotives électriques sont comptabilisées sous la rubrique de production d'électricité.

A3.1.4.2.5. Biomasse (catégorie 1.D.3 des TCD)

Pour estimer les émissions issues de la consommation de carburants biosynthétiques (p. ex. l'éthanol et le biodiesel), une méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour l'essence et le diesel pour les véhicules routiers et pour les véhicules hors route, le transport ferroviaire et le transport maritime intérieur. Le volume de biocarburants utilisés dans le sous-secteur du transport est proportionnellement réattribué aux catégories respectives des véhicules à essence et diesel d'après les volumes de consommation initiaux dans ces catégories.

Les volumes de biocarburants utilisés pour les transports proviennent principalement de la source Navius Research (Navius Research, 2025), qui comprend les biocarburants associés aux catégories du transport routier, transport hors route, transport ferroviaire et transport maritime. Actuellement, il n'y a pas de fournisseurs internes qui ont déclaré des biocarburants utilisés dans le secteur de l'aviation.

Au lieu d'utiliser des coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O propres aux biocarburants, les coefficients d'émission pour l'essence et le diesel des classes de technologies équivalentes sont utilisés. Les coefficients d'émission de CO_2 sont formulés à partir des propriétés chimiques du carburant.

A3.1.4.2.6. Transport par pipeline (catégorie 1.A.3.e.i des TCD)

Cette catégorie inclut les moteurs alimentés aux combustibles fossiles qui sont utilisés pour faire fonctionner les compresseurs servant au transport du pétrole brut et de ses dérivés, des produits pétroliers raffinés, du gaz naturel et du dioxyde de carbone. Le gaz naturel est surtout utilisé pour les gazoducs, mais aussi certains produits pétroliers raffinés, comme le diesel ou l'essence. Les pipelines transportant des liquides utilisent généralement des moteurs électriques pour faire fonctionner les équipements de pompage.

Les émissions de GES attribuables aux combustibles utilisés par cet équipement sont calculées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission, à l'échelle provinciale pour le gaz naturel et à l'échelle nationale pour les autres carburants.

A3.2. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

La présente annexe porte sur les méthodologies détaillées employées pour estimer les émissions fugitives attribuables à la production des combustibles solides et à l'industrie pétrolière et gazière.

L'importante industrie canadienne du pétrole et du gaz — source principale d'émissions fugitives — comporte divers types de production allant de la production et du traitement du gaz naturel à la production de pétrole brut léger, moyen ou lourd, en passant par l'extraction des sables bitumineux et la production de pétrole brut synthétique. Pour obtenir une description détaillée de toutes les sources d'émissions fugitives, consulter le Chapitre 3.

Toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables aux activités de combustion de combustibles associées à l'exploration, à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles sont traitées dans les sections du Chapitre 3 consacrées aux Industries énergétiques (section 3.2.4) et aux Transports (section 3.2.6), et leurs méthodologies sont décrites à les sections A3.1.4.1 et A3.1.4.2.

A3.2.1. Combustibles solides

A3.2.1.1. Exploitation de la houille

Études sur l'exploitation de la houille propre au Canada

Les estimations des émissions fugitives au Canada sont en grande partie basées sur trois études : *Methane Emissions from Canadian Coal Operations: A Quantitative Estimate*, préparée par B. Hollingshead (1990) pour la Transalta Utilities Corp.; *Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, engineering, economic, and institutional implications of options*, préparée par B. King (1994) pour Neill and Gunter Ltd. et *Compilation of a National Inventory of Greenhouse Gas and Fugitive VOC Emissions by the Canadian Coal Mining Industry*, préparée par Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd (Cheminfo et Clearstone, 2014) pour Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). Le Canada s'est fondé sur des renseignements propres aux mines contenus dans ces trois études pour établir les données, les paramètres et les informations concernant les mines à ciel ouvert et les mines souterraines propres au pays. Ces renseignements sont confidentiels.

L'étude d'Hollingshead commandée par Transalta Utilities Corp. visait à estimer les émissions de méthane (CH_4) provenant des mines de charbon et de la combustion du charbon au Canada. Dans l'étude réalisée pour l'année 1989, les émissions fugitives des mines souterraines et des mines à ciel ouvert ainsi que les émissions de combustion découlant de toutes les utilisations du charbon au Canada ont été estimées. En tant que telle, cette étude était axée non pas sur l'élaboration de coefficients d'émission (CE) qui pourraient être utilisables annuellement, mais plutôt sur la production d'un aperçu de toutes les émissions provenant du charbon au cours d'une année en particulier. Cependant, lors de l'estimation de ces émissions totales, une grande quantité de données utiles ont été recueillies concernant la composition en CH_4 de la houille exploitée au Canada.

Au Canada, il existe, habituellement, des mines souterraines et des mines à ciel ouvert, et la méthode élaborée par King (1994) a permis de produire des CE de CH_4 pour tous les types de charbon et pour chaque mine de charbon. Dans la mesure du possible, King a employé les données propres au Canada utilisées dans l'étude d'Hollingshead, tout en indiquant clairement la source des données et en expliquant ce choix. La méthode de King pour les mines souterraines et les mines à ciel ouvert est une version modifiée d'une procédure mise au point par le Conseil consultatif de l'industrie du charbon (CCIC) pour l'Agence internationale de l'énergie. Pour de plus amples renseignements sur certaines de ces modifications, voir plus loin la section sur les mines à ciel ouvert. Avant la déclaration de 2016, les CE de CH_4 produits dans l'étude de King (1994) ont été utilisés pour estimer les émissions fugitives de CH_4 des 23 mines en activités et de toutes les mines abandonnées après 1990 au Canada.

En 2014, ECCC a attribué un contrat à Cheminfo Canada et à Clearstone Engineering pour actualiser les CE des mines de charbon de l'Ouest du Canada. L'étude a permis de produire de nouveaux CE pour sept des 21 mines à ciel ouvert qui étaient en activité à l'aide d'essais sur le terrain effectués dans deux mines de charbon subbitumineux du centre de l'Alberta, une mine de charbon bitumineux du Nord-Est de la Colombie-Britannique et une mine de charbon bitumineux du nord-ouest de l'Alberta. Les résultats obtenus aux quatre mines visées par l'essai ont été appliqués à trois mines situées à proximité qui exploitent les mêmes veines de charbon et présentent une géographie similaire. À l'aide d'un réseau de transects au sol du panache mobile (*mobile plume transect system*, ou MPTS), un graphique bidimensionnel y-z de la concentration de polluants et du profil éolien en aval des sources cibles a été tracé. L'équipement de mesure comprenait : 1) un spectromètre de mesure du temps de déclin dans une cavité ; 2) un système d'échantillonnage multiplexeur à huit canaux ; 3) un anémomètre tridimensionnel ultrasonique ; 4) un système GPS et inertiel ; 5) un véhicule muni d'un mât d'échantillonnage vertical ; et 6) un ordinateur et un logiciel.

Le modèle d'émissions est une version hybride des méthodes de Niveau 2 et de Niveau 3 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), selon la disponibilité des données propres à une mine en particulier. Les valeurs fournies par Statistique Canada sur la production minière brute de charbon, avant toute épuration et préparation, sont utilisées pour calculer les émissions fugitives de tous les types de mines. Les émissions des activités post-extraction connexes sont comptabilisées dans les CE des mines souterraines et des mines à ciel ouvert. Voir d'autres précisions sur les méthodologies utilisées pour calculer les émissions des mines souterraines et des mines à ciel ouvert dans leurs sections respectives.

Mines souterraines

King (1994) a estimé les émissions des mines souterraines pour chaque mine en faisant la somme des émissions du système d'aération, du système de dégazage et des activités post-extraction. Faute de données mesurées, les émissions du système d'aération des puits de mine ont été estimées au moyen de l'Équation A3.2–1 :

Équation A3.2–1

$$Y = 4{,}1 + (0{,}023 \times X)$$

Y = émissions de CH_4 par tonne brute de charbon extrait, exprimées en m^3 de CH_4/t de charbon
X = profondeur de la mine en mètres (m)

Les émissions des activités post-extraction ont été estimées en partant de l'hypothèse que 60 % du CH_4 piégé dans le charbon (après extraction de la mine) est rejeté dans l'atmosphère avant la combustion. Si la teneur en CH_4 du charbon extrait n'était pas disponible, une teneur de 1,5 m^3/t, soit la teneur moyenne des charbons à l'échelle mondiale était supposée (King, 1994). Au Canada, toutes les mines souterraines sont des mines exploitées par galerie dont la profondeur utile est de zéro mètre. Les CE de la production de charbon pour chaque mine intègrent les émissions des activités post-extraction, une fois toutes les quantités converties en unités de masse au moyen d'un facteur de conversion standard de 0,67 kg/m^3 CH_4.

Entre les années 1992 et 1999, toute l'exploitation minière souterraine a cessé dans l'Est du Canada. Le reste des mines souterraines était situé en Alberta et en Colombie-Britannique et ces mines étaient moins grisouteuses que celles de l'Est du Canada. De 2015 à 2017, il n'y avait aucune mine de charbon souterraine en activité au Canada; cependant, la mine Donkin en Nouvelle-Écosse a repris ses activités en 2018 et a été exploitée pendant deux ans.

Mines à ciel ouvert

Le Conseil consultatif de l'industrie du charbon (CCIC) a modifié sa méthode afin d'y intégrer des données confidentielles propres au Canada et aux États-Unis (tirées des études de King, Hollingshead et Cheminfo et Clearstone) pour les trois types de charbon exploités à l'intérieur du pays, plutôt que d'utiliser une série de données internationales généralisées afin de représenter la situation propre à chaque pays. King a établi les CE par région, par mine et par type de charbon. La teneur moyenne en CH_4 des charbons bitumineux ou subbitumineux était de 0,4 m^3/t (d'après les essais réalisés sur 50 mines aux États-Unis; données obtenues par King) et la teneur en CH_4 du lignite était, au Canada seulement, de 0,05 m^3/t (Hollingshead, 1990), en supposant que 60 % des gaz sont rejetés dans l'atmosphère avant la combustion. Une campagne d'analyses sur le terrain visant à mesurer les émissions fugitives de CH_4, de dioxyde de carbone (CO_2) et de composés organiques volatils a été menée à quatre mines de charbon à la fin février 2014 :

- **Sites 1 et 2** : deux mines de charbon subbitumineux dans le centre de l'Alberta
- **Site 3** : une mine de charbon bitumineux dans le nord-est de la Colombie-Britannique
- **Site 4** : une mine de charbon bitumineux dans le nord-ouest de l'Alberta

Les émissions de CH_4 ont été mesurées à distance au moyen d'un système de transects au sol de panache mobile (MPTS, pour Mobile Plume Transect System) pour les sources diffuses, et d'analyses par traceur pour les sources volumineuses et les sources ponctuelles (Cheminfo et Clearstone, 2014). Les données issues de ces analyses sur le terrain ont été utilisées pour modifier le CE du CH_4 de 7 des 23 mines productrices au Canada. Les CE du Tableau A3.2–1 sont calculés à partir de ces données et de cette hypothèse. De plus, l'incertitude associée au CE global de CH_4 est indiquée sous la catégorie 1.B.1.a – Sources fugitives – Extraction et manutention du charbon, sur le site Web de données ouvertes du gouvernment du Canada.

Les couches non exploitées avoisinantes sont une importante source d'émissions des mines à ciel ouvert. À l'aide des données propres à chaque mine canadienne de l'étude d'Hollingshead, King a appliqué un rajustement des données aux couches non exploitées avoisinantes, situées jusqu'à une profondeur de 50 m au-dessous de la surface de la mine. Les CE de base pour l'extraction à ciel ouvert ont été majorés de 50 % (King, 1994) afin de tenir compte du rajustement effectué en raison du dégazage; les CE de base sont pris en compte dans le calcul des CE (voir le Tableau A3.2–1).

Tableau A3.2–1 **Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille pour l'année 2024**

Province	Mines de charbon à ciel ouvert	Coefficient d'émission	Unités
SK	lignite	0,07	t CH_4 / kt de charbon extrait
AB	bitumineux	0,31	
AB	subbitumineux	0,43[a]	
BC	bitumineux	0,91	

Notes :
Adapté de King (1994) et Cheminfo et al. (2014).
a. Le CE pondéré des subbitumineux de 2024 en Alberta reflète une contribution accrue des mines à forte intensité de GES par rapport aux années précédentes suite à la fermeture d'une exploitation à moindre intensité de GES.

Les émissions des mines de charbon ont été calculées à l'aide de l'Équation A3.2–2 :

Équation A3.2–2

$$\textit{Émissions provinciales} = \sum (CE_{i,j,k,l} \times charbon_{i,j,k,l})$$

$CE_{i,j,k,l}$ = coefficient d'émission tiré des études de King (1994) ou de Cheminfo et Clearstone (2014) pour la province ou le territoire i, le type de charbon j, la mine k et le terrain houiller l

$charbon_{i,j,k,l}$ = production minière brute de charbon dans la province ou le territoire i, par type de charbon j, par mine k et par terrain houiller l

Les émissions pour chaque province et territoire ont été calculées, puis additionnées afin d'obtenir une estimation des émissions pour l'ensemble du Canada.

En dépit de la fermeture des mines souterraines de la côte est, l'augmentation de la production aux mines à ciel ouvert moins grisouteuses en Alberta et en Colombie-Britannique a maintenu la production annuelle totale de charbon au Canada. Ainsi, même si la production est demeurée stable, l'effet net est une diminution importante des émissions totales fugitives associées à l'exploitation de la houille depuis 1990.

Données sur les activités

Le modèle exige les données de la production minière brute pour chaque type de charbon extrait dans chaque province. Jusqu'en 2002, les données provenaient des *Statistiques du charbon et du coke* de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d., [a]). Toutefois, Statistique Canada a interrompu la publication de ce rapport en 2002, et les données sont désormais transmises directement à ECCC en vertu d'un protocole d'entente. En outre, les activités de contrôle de la qualité des données de StatCan reposent sur une comparaison avec les statistiques provinciales sur le charbon, car les exploitants font rapport aux ministères fédéraux et provinciaux, par exemple les statistiques mensuelles sur le charbon ST26 de l'Alberta Energy Regulator (AER – l'organisme de règlementation de l'énergie de l'Alberta) (AER, s.d. [a]).

Coefficients d'émission

Les CE ont été établis par type de charbon, type de mine et terrain houiller. Pour des raisons de confidentialité, ils ne peuvent être déclarés qu'au niveau de la province. Ces CE de 2023 ont été pondérés pour les mines et les types de charbon actuellement exploités à l'aide de données tirées des études de King (1994) et de Cheminfo et Clearstone (2014) et en fonction de la production brute déclarée pour chaque mine. Par souci de confidentialité, les CE spécifiques aux mines utilisés pour estimer les émissions fugitives ne sont pas présentés. En revanche, les CE pondérés par région, type de charbon et type de mine (c'est-à-dire souterraine ou à ciel ouvert) sont présentés à titre d'information uniquement dans le Tableau A3.2–1 et le Tableau A6.1–13. Ces CE pondérés varient d'une année à l'autre, car ils dépendent des mines en service au cours de l'année donnée et de leurs volumes de production respectifs. Ces CE pondérés ne doivent pas être utilisés pour estimer les émissions spécifiques aux mines.

A3.2.1.2. Mines de charbon souterraines abandonnées

Le méthane de houille et d'autres gaz présents à l'état naturel dans les veines de charbon s'échappent dans l'atmosphère quand les conditions s'y prêtent. De tous ces gaz, le CH_4 est le plus préoccupant. Les émissions d'autres gaz, comme le CO_2, sont considérées comme minimes et ne sont pas déclarées étant donné que le GIEC ne fournit aucune méthode pour estimer ces émissions (GIEC, 2006).

Comme indiqué au point A3.2.1.1, les perturbations structurelles exposent le charbon à de moindres pressions atmosphériques qui favorisent le rejet d'émissions fugitives durant les opérations d'exploitation et de post-exploitation, y compris la manutention, le broyage et le transport. Quand une mine souterraine cesse ses activités et qu'il n'y a plus d'évacuation active des gaz, les émissions peuvent s'y poursuivre durant des décennies. Une fois que la production cesse, toutes les émissions subséquentes sont estimées à l'aide du modèle décrit dans cette section.

Méthodologie

De nombreux facteurs exercent une influence sur le CH_4 de houille, dont la structure géologique des veines, le type et les caractéristiques du charbon, les activités d'extraction, les gradients de pression, l'inondation des mines ainsi que les mesures d'évacuation et de recouvrement post-exploitation. Bien qu'il n'existe pas au Canada de données sur l'évacuation et le recouvrement post-exploitation, les règlements provinciaux exigent que toutes les mines qui ont été abandonnées récemment soient couvertes pour des raisons de sécurité.

L'équation de Niveau 2 du GIEC pour les mines abandonnées prend la forme générale de l'Équation A3.2–3.

Équation A3.2–3 **Niveau 2 du GIEC**

$$\textit{Émissions de } CH_4 = \textit{Mines non inondées} \times \textit{Fraction de mines gazeuses} \times \textit{Taux d'émission moyen} \times \textit{CE} \times \textit{Facteur de conversion}$$

Émissions de CH_4	=	émissions annuelles (Gg/an)
Mines non inondées	=	nombre de mines non inondées
Fraction de mines gazeuses	=	% de mines considérées comme gazeuses
Taux d'émission moyen	=	(m^3/an)
CE	=	coefficient d'émission, sans dimension, de la forme (1+aT)·b
Facteur de conversion	=	convertit le volume de CH_4 en masse — (0,67 kg/m^3, à 20 °C et pression atmosphérique de 1)

Quant à l'équation de Niveau 3 du GIEC pour les mines abandonnées, elle prend la forme générale de l'Équation A3.2–4 :

Équation A3.2–4 **Niveau 3 du GIEC**

$$\textit{Émissions de } CH_4 = \textit{Taux d'émission à la fermeture} \times \textit{CE} \times \textit{Facteur de conversion}$$

Émissions de CH_4	=	émissions annuelles (Gg/an)
Taux d'émission à la fermeture	=	taux d'émission connu pour la mine en particulier (m^3/an)
CE	=	coefficient d'émission, sans dimension, de la forme (1+aT)·b
Facteur de conversion	=	convertit le volume de CH_4 en masse — (0,67 kg/m^3, à 20 °C et pression atmosphérique de 1)

Des données détaillées sur les émissions de CH_4 durant les années de production uniquement pour cinq mines de la Nouvelle-Écosse étaient disponibles (King, 1994). Ces données ont permis d'utiliser l'Équation A3.2–4 de Niveau 3 du GIEC pour estimer les émissions des mines abandonnées de cette région. Pour toutes les autres régions du Canada, les données de production connues des mines abandonnées ont été moyennées sur la durée totale d'exploitation des mines, et les CE du Tableau A3.2–1 ont été utilisés, afin d'estimer les émissions de la dernière année de production. Sur la base de cette estimation, l'Équation A3.2–3 a été appliquée pour calculer les émissions. Les calculs ont été effectués selon les cinq périodes indiquées dans le Tableau A3.2–2 et une méthode de Niveau 2 du GIEC de manière à établir le pourcentage de mines grisouteuses pour chaque intervalle de temps. Il a été supposé que les mines abandonnées avant 1900 ne produisaient pas d'émissions (GIEC, 2006).

Au terme des activités d'exploitation, il a été établi de façon empirique que les émissions de CH_4 chutaient en suivant une courbe de déclin hyperbolique. Ce constat est modélisé à l'aide du facteur (1+aT)·b de l'équation de CE de Niveaux 2 et 3 du GIEC, où a et b représentent les constantes propres à la mine ou au bassin, et T, le temps écoulé depuis l'abandon (GIEC, 2006). Pour une liste des constantes appliquées aux données canadiennes, se reporter au Tableau A3.2–2. Cette équation de CE du GIEC a servi à toutes les estimations provinciales.

Les émissions de CH_4 des mines inondées chutent radicalement dès que cesse le pompage actif. La pression de l'eau inhibe la libération du CH_4, en raison d'une moindre perméabilité relative. Des études empiriques de l'EPA des États-Unis (US EPA, 2004) portant sur des mines des États-Unis révèlent que l'inondation des mines se produit dans un délai de huit ans. Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) prescrivent d'attribuer des émissions nulles aux mines entièrement inondées, mais de les indiquer explicitement.

Tableau A3.2–2 **Niveau 2 du GIEC – % de mines grisouteuses par intervalle de temps**

Intervalle	Faible	Élevé
1900–1925	0 %	10 %
1926–1950	3 %	50 %
1951–1975	5 %	75 %
1976–2000	8 %	100 %
2001–aujourd'hui	9%	100%

Tableau A3.2–3 **Niveaux 2 et 3 du GIEC – Facteurs des coefficients d'émission**

Type de charbon	a	b
Anthracite	1,72	-0,58
Bitumineux	3,72	-0,42
Subbitumineux	0,27	-1,00

Tableau A3.2–4 **Niveaux 2 et 3 du GIEC – Mines de charbon souterraines abandonnées, 2024**

Province	Nombre de mines de charbon abandonnées[a]	Nombre de mines de charbon abandonnées inondées[b]
NS[c]	282	281
SK[d]	245	0
AB	854	13
BC	51	0
CA	**1 432**	**294**

Notes :
a. Ne comprend que les mines qui produisaient plus de 0,5 kilotonne.
b. Quand il n'y avait pas de donnée disponible, les mines étaient considérées comme non inondées.
c. Des estimations de Niveau 2 et 3 ont été employées pour la Nouvelle-Écosse.
d. L'estimation relative aux mines de lignite de la Saskatchewan utilise un coefficient d'émission de Niveau 2 du GIEC pour le charbon de type subbitumineux, calculé pour chaque intervalle de temps (voir GIEC [2006], 4.27, Équation 4.1.12).

Pour le calcul des émissions, les mines sont considérées comme non inondées à moins qu'il n'existe des données spécifiques. Des experts de la province de l'Alberta ont signalé que la majorité des mines sont inondées, mais ils n'avaient connaissance d'une telle inondation qu'au musée de la mine Bellevue. Par conséquent, seules les douze mines abandonnées situées à peu de distance du musée de la mine Bellevue, laquelle a été fermée il y a plus de vingt ans, ont été considérées comme inondées. Pour la Nouvelle-Écosse, des experts provinciaux du ministère de l'Environnement[1] ont confirmé que les mines souterraines ont commencé à se remplir d'eau dès l'arrêt des pompes et que toutes les mines étaient inondées à la fin de l'été 2013. Le Tableau A3.2–4 caractérise le statut (inondée ou non inondée) des mines abandonnées pour toutes les régions du Canada où il y a des mines souterraines de charbon.

Les valeurs par défaut du GIEC au Tableau A3.2–2 ont servi à estimer le pourcentage de mines gazeuses dans chaque région et pour chaque intervalle de temps. Pour toutes les régions du Canada, sauf la Saskatchewan, les valeurs par défaut élevées ont été retenues.

Dans le cas de la Saskatchewan, la valeur par défaut basse du GIEC a été appliquée, pour diverses raisons : temps écoulé depuis l'abandon, type de lignite, petite taille des mines et faible profondeur (mines souvent creusées à même une faible colline depuis le lit d'un cours d'eau). En outre, lors d'une opération de sécurité publique, toutes les entrées des mines ont été recouvertes ou scellées. Hollingshead (1990) avait déjà fait état de la nature non grisouteuse de ces mines.

Données sur les activités

Ce modèle utilise des données obtenues de l'industrie et des autorités provinciales et fédérales. Le manque général de sources d'information détaillées a influencé le choix des méthodes d'estimation, en empêchant l'incorporation de mesures vraisemblables, mais non confirmées touchant spécifiquement les émissions des mines inondées ou de mines particulières. Quand il n'existait pas de données précises sur la teneur en grisou, le statut d'inondation et les CE des mines, des hypothèses prudentes ont été faites. Comme il a été mentionné précédemment, en 2018, la mine Donkin en Nouvelle-Écosse a repris temporairement ses activités et n'a pas été incluse dans les données liées aux mines abandonnées au cours de cette période.

Émissions

Les résultats des émissions calculées pour les années retenues sont présentés dans le Chapitre 3. Par le passé, ce sont les mines abandonnées de la Nouvelle-Écosse qui ont contribué le plus aux émissions; les deux pics d'émissions observés en 1993 et 2000 correspondent à des fermetures de grandes mines dans cette province. Il y a eu deux abandons de mine récemment dans l'Ouest du Canada, et les effets de ces fermetures sur les courbes de déclin du modèle sont visibles pour les années de déclaration les plus récentes.

1 Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse. 2015. Communication personnelle (courriel daté du 16 novembre 2015 de M. Miller, analyste des politiques, ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse, à W. Baker, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada).

A3.2.2. Pétrole et gaz naturel

Les émissions fugitives attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz naturel sont estimées à l'aide des méthodes suivantes, selon la source des émissions et l'existence des données dans la province ou le territoire. La Figure A3.2–1 montre une répartition des émissions fugitives de pétrole et de gaz par méthode d'estimation en 2024.

- **Estimation directe ou déclarée** : lorsque c'est possible, les émissions sont estimées directement à partir des données volumétriques et des données détaillées sur la composition des gaz qui sont déclarées par les installations. Cette méthode s'applique aux émissions d'évacuation déclarées en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan, et aux émissions causées par le torchage en Alberta, en Colombie-Britannique, en Saskatchewan et à Terre-Neuve-et-Labrador (voir la section A3.2.2.1.2). Les émissions déclarées pour les secteurs du Transport, du Stockage et la Distribution du gaz naturel sont utilisées directement dans l'inventaire (voir les sections A3.2.2.2 et A3.2.2.4) ainsi que dans les émissions dûes au torchage dans l'industrie du Raffinage du pétrole (voir la section A3.2.2.3). De plus, les quantités déclarées de CO_2 captées aux installations pétrolières et gazières et injectées dans le stockage sont soustraites des estimations d'émissions.
- **Modélisation** : lorsque les données des installations ne sont pas disponibles, les émissions sont modélisées à partir des données annuelles sur les activités et les CE. Cette méthode s'applique aux émissions associées aux appareils pneumatiques, aux joints d'étanchéité de compresseurs, aux fuites provenant de l'équipement en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba (voir la section A3.2.2.1.3), à l'évacuation de gaz par le tubage de surface en Alberta et en Colombie-Britannique (voir la section A3.2.2.1.4), aux puits de pétrole et de gaz abandonnés (voir la section A3.2.2.6) et aux émissions fugitives en aval du compteur (voir la section A3.2.2.7).
- **Mesures aériennes** : des inventaires des émissions de méthane provenant de source déterminée, établis à l'aide de mesures aériennes, sont utilisés comme base pour estimer les émissions provenant des réservoirs de stockage, des bâtiments des compresseurs et des torches non allumées en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan, des hangars à moteurs en Alberta et en Saskatchewan, et des têtes de puits en Saskatchewan (voir la section A3.2.2.1.5)
- **Interpolation et extrapolation** : les études ayant produit des inventaires détaillés certaines années en particulier servent de base d'extrapolation et d'interpolation pour les années où il n'y a pas de données détaillées, en fonction des changements dans les données sur les activités. Cette méthode s'applique à l'industrie des sables bitumineux et de la valorisation du pétrole lourd (SB/VPL) (voir la section A3.2.2.5), et aux autres émissions fugitives du secteur du Raffinage du pétrole, dont l'évacuation (voir la section A3.2.2.3). De plus, elle comprend toutes les autres sources d'émissions fugitives et les provinces et territoires non mentionnés ci-dessus (voir la section A3.2.2.1.1).

Le Tableau A3.2–5 dresse la liste des segments de l'industrie du pétrole et du gaz et des sources fugitives estimées ainsi que la répartition de ces émissions conformément aux catégories des Tableaux communs de déclaration (TCD).

Figure A3.2–1 **Répartition des émissions fugitives de pétrole et de gaz selon la méthode d'estimation (2024)**

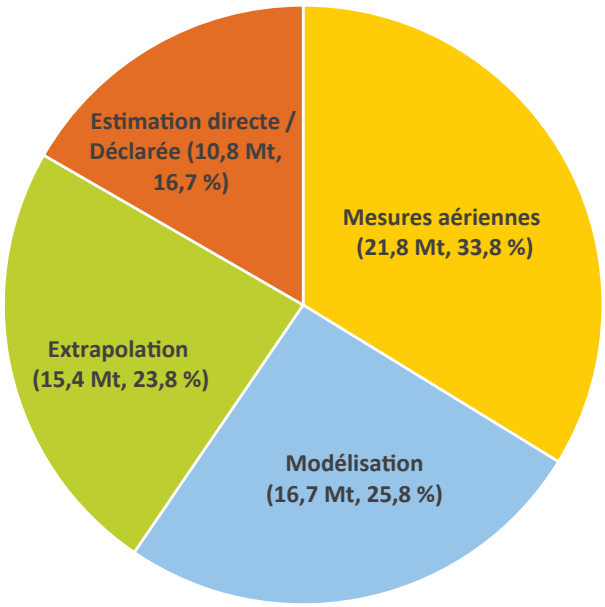


Tableau A3.2–5 **Répartition des émissions fugitives du secteur pétrolier et gazier selon les catégories d'émissions des TCD**

Catégorie des TCD	Segment d'industrie	Catégories de source d'émission
1.B.2.a.ii Pétrole – Production et valorisation	Production de pétrole brut léger/moyen	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Production à froid de pétrole brut lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Entretien de puits	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement
	Production thermique de pétrole brut lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Traitement et élimination des déchets	Fuites fugitives provenant de l'équipement
	Extraction d'hydrocarbures liquides à partir des sables bitumineux	Fuites fugitives provenant de l'équipement
	Exploitation minière et traitement du minerai à partir des sables bitumineux	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Front d'avancement exposé; Bassins de résidus; Autres sources d'émissions fugitives
	Sables bitumineux et valorisation du pétrole lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Autres sources d'émissions fugitives
	Accidents et défaillances d'équipement	Migration des gaz; Évacuation de gaz par les tubages de surface
1.B.2.a.iii Pétrole – Transport	Transport de liquides pétroliers	Fuites fugitives provenant de l'équipement
1.B.2.a.iv Raffinage et stockage	Raffinage du pétrole	Autres sources d'émissions fugitives
1.B.2.a.vi.1 Pétrole – Autre – Puits abandonnés	Puits de pétrole abandonnés	Autres sources d'émissions fugitives
1.B.2.a.vi.2 Pétrole – Autre – Accidents et défaillances d'équipement	Valorisation des sables bitumineux	Déversements/Ruptures de pipeline
1.B.2.b.ii Gaz naturel – Production et collecte	Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Mise à l'essai des puits	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement
1.B.2.b.iii Gaz naturel – Traitement	Traitement du gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement
1.B.2.b.iv Gaz naturel – Transport et stockage	Transport du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement
	Stockage du gaz	Autres sources d'émissions fugitives
1.B.2.b.v – Distribution	Distribution du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Déversements/Ruptures de pipeline
1.B.2.b.vi.1 Gaz naturel – Gaz en aval du compteur	Émissions fugitives en aval du compteur	Fugitive Equipment Leaks
1.B.2.b.vi.2 Gaz naturel – Autre – Puits de gaz abandonnés	Puits de gaz abandonnés	Autres sources d'émissions fugitives
1.B.2.b.vi.3 Gaz naturel – Autre – Accidents et défaillances d'équipement	Accidents et défaillances d'équipement	Déversements/ruptures de pipeline
1.B.2.c.i.1 Évacuation – Pétrole	Production de pétrole brut léger/moyen	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée[a]
	Production à froid de pétrole brut lourd	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée[a]
	Production thermique de pétrole brut lourd	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée[a]
	Transport de liquides pétroliers	Évacuation déclarée; Pertes durant le stockage; Évacuation non déclarée[a]
	Extraction d'hydrocarbures liquides à partir des sables bitumineux	Évacuation
	Exploitation minière et traitement du minerai à partir des sables bitumineux	Pertes durant le stockage; Évacuation
	Sables bitumineux et valorisation du pétrole lourd	Production d'hydrogène par le processus d'évacuation, Pertes durant le stockage, Évacuation, CO_2 capté
	Raffinage du pétrole	Évacuation; CO_2 capté
1.B.2.c.i.2 Évacuation – Gaz naturel	Production de gaz naturel	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Pertes durant le stockage; Évacuation non déclarée[a]
	Traitement du gaz naturel	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Rejet de CO_2 des gisements; Évacuation déclarée; Pertes durant le stockage; Évacuation non déclarée[a]
	Transport du gaz	Évacuation déclarée
	Distribution du gaz	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée[a]
	Stockage du gaz	Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée[a]

Tableau A3.2–5 **Répartition des émissions fugitives du secteur pétrolier et gazier selon les catégories d'émissions des TCD** (suite)

Catégorie des TCD	Segment d'industrie	Catégories de source d'émission
1.B.2.c.i.3 Évacuation – Combiné	Forage de puits; Entretien de puits	Évacuation déclarée; Pertes durant le stockage
	Mise à l'essai de puits	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Pertes durant le stockage; Évacuation non déclarée[a]
	Élimination et traitement des déchets	Évacuation non déclarée[a]
1.B.2.c.ii.1 Torchage – Pétrole	Production de pétrole brut léger/moyen	Torchage
	Production de pétrole brut lourd	
	Production thermique de pétrole brut lourd	
	Transport de liquides pétroliers	
	Extraction d'hydrocarbures liquides à partir des sables bitumineux	
	Exploitation minière et traitement du minerai à partir des sables bitumineux	
	Sables bitumineux et valorisation du pétrole lourd	
	Raffinage du pétrole	
1.B.2.c.ii.2 Torchage – Gaz naturel	Production de gaz naturel	Torchage
	Traitement du gaz naturel	
	Transport du gaz	
	Stockage du gaz	
	Distribution du gaz	
1.B.2.c.ii.3 Torchage – Combiné	Forage de puits	Torchage
	Entretien de puits	
	Mise à l'essai des puits	
	Élimination et traitement des déchets	

Note :
a. Selon la catégorie de secteur d'émission et la province ou le territoire, l'évacuation non déclarée peut comprendre les émissions des régulateurs pneumatiques, des pompes pneumatiques, des joints d'étanchéité des compresseurs, des torches éteintes, des hangars à moteur, des têtes de puits, des gaz d'amorçage des compresseurs et des essais de puits en cours de forage.

A3.2.2.1. Industrie du pétrole et du gaz en amont

A3.2.2.1.1. Études du pétrole et du gaz en amont et de l'Association canadienne des producteurs pétroliers

Sauf indication contraire, le calcul des émissions fugitives attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz en amont (PGA) est fondé sur deux études distinctes : l'étude intitulée *A National Inventory of Greehouse Gas, Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H_2S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (ACPP, 2005a) préparée par Clearstone Engineering pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP), et ci-après appelée l'étude ACPP, et une mise à jour de l'inventaire effectuée en 2014 pour Environnement Canada par Clearstone Engineering Ltd. et ci-après appelée l'étude PGA (EC, 2014). Les deux inventaires ont eu recours à une évaluation ascendante de Niveau 3 du GIEC pour estimer toutes les émissions de GES attribuables au secteur du PGA, à l'exception de l'extraction et de la valorisation des sables bitumineux. L'étude ACPP a produit un inventaire détaillé des émissions pour l'année 2000, tandis que l'étude PGA a donné des inventaires pour les années 2005 et 2011.

En général, les inventaires des émissions pour les années 2000, 2005 et 2011 ont été directement utilisés, sauf dans quelques cas particuliers. Si une source précise n'existait pas dans l'une des années d'inventaire (p. ex., l'inventaire de 2000) en raison d'un manque de données, mais qu'elle existait dans une autre année d'inventaire (p. ex., l'inventaire de 2005), alors les émissions de cette source étaient extrapolées à partir des émissions de l'année connue et incluses dans l'inventaire pour lequel les données étaient manquantes, à des fins d'exhaustivité. Voici une brève description de la méthodologie employée dans les études ACPP et PGA, avec la méthodologie ayant servi à estimer les émissions de 1990–1999, 2001–2004, 2006–2010 et à partir de 2012.

Méthodologie pour les estimations de 2000, 2005 et 2011

Les estimations d'émission contenues dans les études ACPP et PGA ont été obtenues à l'aide d'une approche ascendante, qui débutait au niveau des installations et des processus et cumulait les résultats en vue de produire des estimations par installation et par région géographique. Les actifs et les activités du secteur canadien du PGA sont impressionnants : l'inventaire de 2011 comprenait plus de 300 000 puits de pétrole et de gaz exploitables, 14 100 batteries gazières raccordées à plus de 5 000 systèmes de collecte qui alimentent près de 750 usines de gaz, et 24 000 batteries pétrolières alimentant 150 terminaux pétroliers, le tout étant interrelié par des dizaines de milliers de kilomètres de pipelines qui transportent les hydrocarbures des puits aux batteries, aux usines et enfin aux marchés.

Les émissions résultant du torchage, de l'évacuation, des fuites provenant de l'équipement, des rejets de CO_2 du gisement, des pertes de stockage, des pertes de chargement/déchargement et des fuites accidentelles ont été estimées.

Voici les méthodes de base qui ont été utilisées pour l'estimation des émissions de GES :

- résultats du contrôle des émissions
- résultats de simulations des sources d'émissions
- coefficients d'émission
- rendements de destruction et d'élimination

Pour estimer les émissions, de vastes quantités de données ont été recueillies, notamment :

- volumes de gaz naturel mesurés à partir des procédés
- volumes de gaz de combustion évacués et brûlés par torchage
- achats de combustibles (propane, carburant diesel, etc.)
- analyses des combustibles
- résultats du contrôle des émissions
- conditions d'exploitation des procédés pouvant être utilisés pour déterminer le travail effectué par les dispositifs de combustion (composition des gaz, température, pression et flux, etc.)
- rapports de déversement et d'inspection

Les données suivantes ont aussi été utilisées :

- types de procédés utilisés
- inventaires d'équipements
- caractéristiques de contrôle des sources d'émissions
- teneur en soufre des combustibles brûlés et des gaz de combustion brûlés par torchage
- composition des flux d'entrée et de sortie

Pour plus de détails, consulter les études ACPP (ACPP, 2005a) et PGA (EC, 2014).

Méthodologie employée pour extrapoler les estimations d'émission

La méthode permettant d'extrapoler les émissions d'une année d'inventaire connue à d'autres années non inventoriées a été mise au point par Clearstone Engineering Ltd. (ACPP, 2005b). Cette méthode a servi à faire une analyse rétrospective des estimations d'émission de 2000 pour la période 1990–1999, à extrapoler l'inventaire 2011 aux années 2012 et suivantes et, par l'application concomitante d'autres méthodes d'ajustement de courbe, à interpoler les périodes chronologiques 2001–2004 et 2006–2010.

L'Équation A3.2–5 sert à estimer les émissions des années non inventoriées en multipliant les données d'émissions de l'année de base d'une source et d'un secteur donnés par le ratio qui existe entre les données sur les activités de l'année non inventoriée et les données sur les activités de l'année de base. Divers types de données d'activités sont utilisés pour chaque province et territoire, et année, telles que les volumes de production de gaz naturel et de pétrole brut, les gaz de combustion, brûlé par torchage et évacué, le nombre de puits forés, le nombre de déversements, de ruptures et d'éruptions, le nombre total de puits de pétrole et de gaz exploitables, et la perte d'extraction. Les données sur les activités ne sont pas nécessairement disponibles pour toutes les années ou pour toutes les régions. Les données pour les sources d'émissions de secteurs et de régions précises ont été extrapolées à partir des données sur les activités les plus pertinentes. Lorsque les données sur les activités n'étaient pas disponibles pour toute la série chronologique, la méthode employée pour interpoler les valeurs des années intermédiaires décrite plus loin dans cette section a été utilisée afin de présenter une série chronologique cohérente.

Le Tableau A3.2–6 présente la liste des données sur les activités accessibles au public qui ont été utilisées pour extrapoler les données sur les émissions ainsi que les sources de données correspondantes. Le Tableau A3.2–7 comprend une liste de données sur les activités utilisées pour estimer les émissions produites par le torchage dans chaque région, chaque catégorie de secteur et chaque période; le Tableau A3.2–8 contient les mêmes renseignements, mais pour les émissions d'évacuation déclarées. Le Tableau A3.2–9 présente les données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions de toutes les autres sources fugitives PGA, telles que les fuites fugitives provenant de l'équipement, les émissions d'évacuation non déclarées[2], les pertes durant le stockage, etc.

2 Les émissions d'évacuation non déclarées comprennent les émissions produites par les procédés ou l'équipement qui ne sont pas habituellement déclarées dans les volumes d'évacuation. Selon le secteur de l'industrie et la province ou le territoire, il peut s'agir des émissions des dispositifs pneumatiques (p. ex., pompes à injection de produits chimiques ou instruments fonctionnant au gaz naturel), des évents des compresseurs, de gaz d'amorçage des compresseurs, des torches non allumées, des hangars à moteurs, de gaz de purge et de gaz tampon évacué directement dans l'atmosphère ainsi que de gaz évacué lors des essais en cours de forage.

Équation A3.2–5

$$TE_{i,j}^{k} = TE_{i,j}^{an\ ré} \times \left(\frac{CA^{k}}{CA_{j}^{an\ réf}} \right)$$

$TE_{i,j}^{k}$ = taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année k (t/an)

$TE_{i,j}^{an\ réf}$ = taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année de base (p. ex., 2011) (t/an)

CA_{j}^{k} = coefficient d'activité pour la source j et l'année k

$CA_{j}^{an\ réf}$ = coefficient d'activité de l'année de base (p. ex., 2011) pour la source j

Les émissions de la période 1990–1999 ont été rétrospectivement extrapolées par secteur et par source au niveau provincial, à partir des estimations d'émission pour l'année 2000 de l'étude ACPP (ACPP, 2005a). Unique exception : la province de la Nouvelle-Écosse, qui n'a produit que du pétrole entre 1992 et 1999, alors qu'en 2000, elle a produit exclusivement du gaz. Dans ce contexte, les données de l'année 2000 n'ont pas pu être utilisées pour estimer les émissions de la période 1990–1999, et les émissions fugitives de la Nouvelle-Écosse ont été extrapolées à partir des données de l'étude PGA de l'ACPP en 1995 (ACPP, 1999). Pour plus de détails, se reporter à l'étude PGA (ACPP, 2005a).

Les émissions pour 2012 et les années suivantes ont été extrapolées à l'aide des émissions par secteur et par source au niveau provincial/territorial, à partir des estimations d'émission pour l'année 2011 de l'étude PGA (EC, 2014).

Méthodologie pour 2001–2004 et 2006–2010

Afin d'estimer les émissions des périodes 2001–2004 et 2006–2010, les inventaires des trois années de base (2000, 2005 et 2011) ont été extrapolés pour la période 2000–2011 en appliquant la méthode décrite précédemment. Trois courbes ont ainsi été obtenues, avec l'aide desquelles les années intermédiaires ont été interpolées en utilisant une méthode de « calage » ou une méthode d'« ajustement proportionnel », selon la situation. C'est généralement la méthode de « calage » qui a été appliquée, sauf lorsqu'elle donnait des estimations d'émission négatives pour une quelconque année de la période chronologique. Moins de 0,3 % des cas ont nécessité l'application de la méthode d'« ajustement proportionnel ».

Calage

La méthode de « calage » répartit uniformément entre une année inventoriée et une année extrapolée la différence des émissions d'une source et d'un secteur donnés dans une province donnée, afin de préserver la tendance des émissions. L'Équation A3.2–6 est utilisée.

Équation A3.2–6

$$TE_{i,j}^{k} = TE_{i,j}^{k,k1_exp} + \frac{\left(TE_{i,j}^{k2_inv} - TE_{i,j}^{k2,k1_exp}\right)}{(k2 - k1)} \times (k - k1)$$

$TE_{i.,j}^{k}$ = taux d'émission du composé i à la source j durant l'année k

$TE_{i.j}^{k.k1_exp}$ = taux d'émission du composé i à la source j à partir des données extrapolées de l'année k1

$TE_{i.j}^{k2_inv}$ = taux d'émission du composé i à la source j à partir des données inventoriées de l'année k2

$TE_{i\,j}^{k2.k1_exp}$ = taux d'émission du composé i à la source j durant l'année k2 à partir des données extrapolées de l'année k1

k = année entre k1 et k2

$k1$ = année de base 1 (2000 ou 2005)

$k2$ = année de base 2 (2005 ou 2011)

Si k1 est égal à 2005, k2 est égal à 2011 et k est égal à k1, alors le résultat de l'Équation A3.2–6 est le taux d'émission de l'année inventoriée 2005. Il en est ainsi parce que les données extrapolées de 2005 utilisent sans modification les données inventoriées de 2005 pour l'année 2005. Si k est égal à k2, alors le résultat est le taux d'émission provenant de l'année d'inventaire 2011. Cela montre que cette méthode maintiendra les estimations d'émission pour les années d'inventaire, tout en interpolant les années intermédiaires et en maintenant la tendance d'émissions.

Tableau A3.2–6 **Données sur les activités requises et leurs sources**

Origine	Publication	Données sur les activités
Alberta Energy Regulator (AER)	ST60B: Upstream Petroleum Industry Flaring and Venting Report (AER, 2000–)	Volume d'émissions d'évacuation et de torchage déclarées
	ST3: AER Industries Monthly Statistics, Gas Supply and Disposition (AER, s.d. [b])	Pertes
	Alberta's Energy Reserves and Supply/Demand Outlook (AER, s.d. [c])	Production thermique de bitume in situ Production à froid du bitume naturel
	AER Compliance Dashboard (AER, s.d. [d])	Nombre d'incidents
Gouvernement de la Colombie-Britannique	Production and distribution of natural gas (BC, s.d. [a])	Volume d'émissions d'évacuation déclarées Pertes
British Columbia Energy Regulator	Drilling Kicks and Blowouts by Area (BCER, s.d. [b])	Cumul des venues et des éruptions
	Air Summary Report (BCOGC, 2019)	Volumes d'émissions de torchage déclarées
	Petrinex Volumetric Data (BCER, s.d. [c])	Volume d'émissions d'évacuation et de torchage déclarées Pertes
Régie de l'énergie du Canada (REC)	Avenir énergétique du Canada (REC, 2025)	Production de gaz non associé
Régie Canada-Terre-Neuve et Labrador de l'énergie extracôtière (RC-TNLEE)	Puits de développement – Hebron (RC-TNLEE, 2017–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – Hibernia (RC-TNLEE, 1997–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – North Amethyst (RC-TNLEE, 2010–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – Terra Nova (RC-TNLEE, 2002–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – White Rose (RC-TNLEE, 2005–)	Nombre de puits exploitables
	Statistiques sur l'environnement – Fréquence et volume des déversements – Résumé annuel (RC-TNLEE, s.d. [a])	Nombre de déversements
Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP)	Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry (ACPP; s.d. [a]; [b])	Nombre total de puits forés (y compris puits improductifs et puits de service) (tableaux 1.2b — 1.2f)
		Cumul des puits de pétrole en exploitation (Tableau 3.17a) et des puits de gaz en exploitation (Tableau 3.18a)
Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba	Petroelum Industry Spill Statistics (MBRNDN, s.d. [a])	Nombre de déversements
Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick	Statistiques mensuelles sur la production du pétrole et du gaz (NBRNDÉ, s.d.)	Production de pétrole brut léger/moyen Production de gaz naturel
Petrinex	Données volumétriques de la Saskatchewan (Petrinex, s.d. [a])	Production thermique du pétrole lourd
Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan	Crude Oil Volume and Value Summary (SK MER, 2012– [a])	Production de pétrole brut léger/moyen Production de pétrole brut lourd
	Natural Gas Volume and Value Summary (SK MER, 2012– [b])	Production de gaz non associé
	Saskatchewan Upstream Oil and Gas IRIS Incident Report (SK MER, s.d.)	Nombre de déversements
	Saskatchewan Annual Petroleum Statistics (SK MER, 2009–2011)	Pertes
	Saskatchewan Mineral Statistics Yearbook, Petroleum and Natural Gas (SK MER, 1990–2008)	Pertes
Statistique Canada	Tableau 25-10-0047-01 (anciennement CANSIM 131-0001) – Gaz naturel, approvisionnements et utilisations, mensuel (Statistique Canada, sans date [c])	Production brute Gaz brûlé dans les champs et pertes Emploi et utilisation sur les chantiers Utilisation et élimination des systèmes de collecte Utilisations dans les usines Pertes
	Tableau 25-10-0055-01 (anciennement CANSIM 131-0004) – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel (Statistique Canada, sans date [d])	Prélèvements bruts
	Tableau 25-10-0014-01 (anciennement CANSIM 126-0001) – Pétrole brut et équivalents, approvisionnement et utilisation, mensuel (Statistique Canada, sans date [e])	Production de pétrole brut lourd Production de pétrole brut léger/moyen Production de pétrole brut synthétique Production de bitume naturel
	Tableau 25-10-0063-01 (anciennement CANSIM 126-0003) – Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent (Statistique Canada, sans date [f])	Production de pétrole brut lourd Production de pétrole brut léger/moyen Production de pétrole brut synthétique Production de bitume naturel non valorisé
	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (Statistique Canada, sans date [b])	Ventes totales de PPR au détail à la pompe

Tableau A3.2–7 **Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions produites par le torchage par région et par année**

Province/ Territoire	Catégorie de secteur d'émissions	Période	Données sur les activités	Période	Données sur les activités
AB	Production de pétrole brut léger/ moyen	1990–1999	Gaz brûlé dans les champs et pertes	2000–2009	Torchage – batteries pétrolières
	Production à froid de pétrole brut lourd				Torchage – batteries pétrolières + batteries de bitume
	Production thermique de pétrole brut lourd				Torchage – batteries de bitume
	Production de gaz naturel				Torchage – batteries gazières + systèmes de collecte de gaz
	Traitement du gaz naturel				Torchage – usines de gaz
	Mise à l'essai des puits				Torchage – mise à l'essai des puits
	Transport de liquides pétroliers				Torchage – total
	Élimination et traitement des déchets				Torchage – total
BC	Production de pétrole brut léger/ moyen	1990–1995	Gaz brûlé dans les champs et pertes	-	S.O.
	Production de gaz naturel				
	Traitement du gaz naturel				
	Mise à l'essai des puits		Puits forés	1996–2024	Torchage – nettoyage et mise à l'essai des puits
	Forage de puits				Torchage – forage en sous-pression
MB, NB, NT	Production de pétrole brut léger/ moyen	1990–2024	Production de pétrole brut léger/moyen	–	S.O.
NB, NS, ON, YT	Production de gaz naturel	1990–2024	Production de gaz naturel	–	S.O.
NT	Traitement du gaz naturel	1990–2024	Gaz brûlé dans les champs et pertes	–	S.O.
NS, ON	Traitement du gaz naturel	1990–2024	Production de gaz naturel	–	S.O.
BC, ON SK	Transport de liquides pétroliers	1990–2024	Production totale de brut	–	S.O.
AB	Entretien de puits	1990–2024	Puits forés	–	S.O.
SK	Mise à l'essai des puits	1990–2024	Puits forés	–	S.O.

Note :
S.O. : sans objet

Tableau A3.2–8 **Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions d'évacuation déclarées par région et par année**

Province/ Territoire	Catégorie de secteur d'émissions	Période	Données sur les activités	Période	Données sur les activités
AB	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–1999	Production de pétrole brut léger/moyen	2000–2009	Évacuation – batteries pétrolières
	Production à froid de pétrole brut lourd		Production de pétrole brut lourd		Évacuation – batteries pétrolières + batteries de bitume
	Production thermique de pétrole brut lourd	1990–2004	Production thermique in situ	2005–2009	Évacuation – batteries de bitume
	Production de gaz naturel	1990–1999	Production de gaz naturel	2000–2009	Évacuation – batteries gazières + systèmes de collecte de gaz
	Traitement du gaz naturel		Production de gaz naturel		Évacuation – usines de gaz
	Mise à l'essai des puits		Puits forés		Évacuation – mise à l'essai des puits
	Transport de liquides pétroliers		Production totale de brut		Évacuation – total
BC	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–2010	Production de pétrole brut léger/moyen	2011–2018	Évacuation sur le terrain
	Production de gaz naturel		Production de gaz naturel		Évacuation sur le terrain
	Traitement du gaz naturel		Production de gaz naturel		Production de gaz naturel
MB	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–2024	Production de pétrole brut léger/moyen	–	S.O.
NT	Traitement du gaz naturel	1990–2024	Production de gaz naturel	–	S.O.
AB, SK, BC	Entretien de puits, forage de puits	1990–2024	Puits forés	–	S.O.

Note :
S.O. : sans objet

Tableau A3.2–9 **Données sur les activités utilisées pour extrapoler les autres sources d'émissions fugitives par région pour toutes les années**

Catégorie de secteur d'émissions	Catégorie de source d'émission	Province/Territoire Région	Données sur les activités
Accidents et défaillances d'équipement	Déversements/ruptures de pipeline	Toutes	Nombre total de déversements, de ruptures et d'éruptions
Accidents et défaillances d'équipement	Migration des gaz	Toutes	Nombre total de puits de pétrole et de gaz exploitables
Accidents et défaillances d'équipement	Évacuation de gaz par les tubages de surface	MB, NL, NS, NT, ON, SK, YT	Nombre total de puits de pétrole et de gaz exploitables
Production de pétrole brut léger/moyen	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées – appareils pneumatiques Émissions d'évacuation non déclarées – joints d'étanchéité des compresseurs Pertes durant le stockage Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol	NB, NL, NS, NT, ON	Production de pétrole brut léger/moyen
	Pertes de chargement/déchargement Autres émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Production de pétrole brut léger/moyen
Production à froid de pétrole brut lourd	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Autres émissions d'évacuation non déclarées	AB, SK	Production à froid de bitume naturel et de pétrole brut lourd
Production thermique de pétrole brut lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Pertes durant le stockage Émissions d'évacuation non déclarées	AB	Production thermique du bitume in situ
		SK	Production thermique de pétrole brut lourd
Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées – appareils pneumatiques Émissions d'évacuation non déclarées – joints d'étanchéité des compresseurs Pertes durant le stockage Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol	NB, NL, NS, NT, ON, YT	Production de gaz naturel
	Pertes de chargement/déchargement	AB, BC, SK	Production de gaz non associé
		Toutes les autres provinces	Production de gaz naturel
Traitement du gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées – appareils pneumatiques Émissions d'évacuation non déclarées – joints d'étanchéité des compresseurs Pertes durant le stockage Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol	NL, NS, NT, ON, YT	Production de gaz naturel
	Pertes de chargement/déchargement Autres émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Production de gaz naturel
	Rejets de CO_2 des gisements	Toutes	Pertes[a]
Élimination et traitement des déchets	Fuites fugitives provenant de l'équipement Pertes durant le stockage Émissions d'évacuation non déclarées	AB	Production totale de brut
Transport de liquides pétroliers	Fuites fugitives provenant de l'équipement Pertes durant le stockage Émissions d'évacuation non déclarées	PE et QC	Ventes totales de PPR au détail à la pompe
		Toutes les autres provinces	Production totale de brut
Entretien de puitsMise à l'essai de puits	Fuites fugitives provenant de l'équipement Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes durant le stockage Pertes de chargement/déchargement Émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Puits forés
Stockage du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Gaz naturel en provenance et à destination du stockage
Transport du gaz Distribution du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Déversements/ruptures de pipeline Émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Kilomètres de pipelines

Note :

a. Les volumes de perte d'extraction de la Colombie-Britannique sont ajustés à partir de 2022 pour tenir compte de la teneur en CO_2 du gaz naturel produit. Le volume annuel calculé est multiplié par le ratio des fractions massiques de CO_2 entre l'année de déclaration et 2012. Cela permet de s'assurer que le facteur d'activité tient compte des changements réels dans le gaz naturel produit en C.-B. lors de l'extrapolation des émissions.

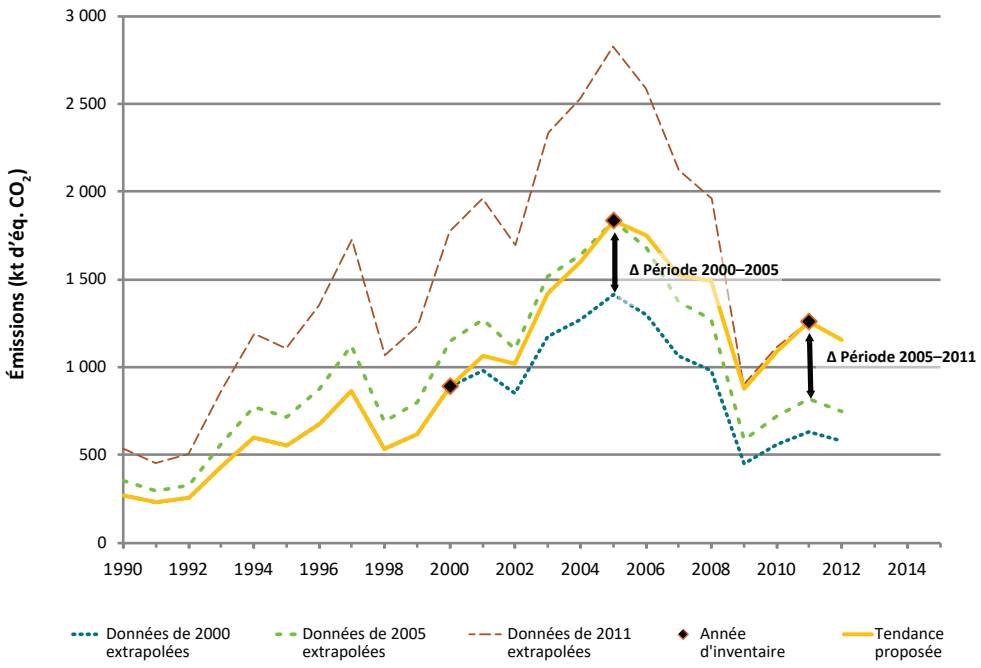
La Figure A3.2–2 illustre sous forme graphique les résultats de la méthode de « calage ». En général, les années d'inventaire 2000 et 2005 servent à interpoler les émissions par secteurs, par source et par province ou territoire pour la période 2001–2004, alors que les années d'inventaire 2005 et 2011 servent à interpoler les émissions pour la période 2006–2010. Il y a cependant quelques situations particulières où les années d'inventaire 2000 et 2011 servent à interpoler les émissions de la période 2001–2010. C'est le cas lorsque l'absence ou l'insuffisance de données pour l'année 2005 empêchait l'estimation de combinaisons spécifiques secteur-source-province et territoire pour l'inventaire 2005. En outre, à la lumière de conversations tenues avec l'entrepreneur et des représentants de la Saskatchewan, les données de l'inventaire 2005 relatives aux volumes de gaz évacués en Saskatchewan dans le secteur de la production à froid de pétrole lourd ont été jugées non fiables. Par conséquent, les émissions ont été interpolées pour cette source et ce secteur à l'aide des données de 2000 et 2011, en omettant les données de 2005.

Des problèmes ont également été relevés dans l'inventaire de 2000 en ce qui a trait aux estimations des émissions d'évacuation déclarées issues de la production à froid de pétrole lourd thermique en Saskatchewan et en Alberta. Une analyse des estimations de 1990 à 2004, obtenue par extrapolation rétroactive des émissions de 2000 jusqu'en 1990 et par la méthode de « calage » entre 2000 et 2005, suggère qu'environ 40 à 70 % du gaz produit était évacué dans des installations thermiques en Saskatchewan et de 7 à 9 % en Alberta. En revanche, Petrinex déclare dans ses données que <0,1 % à 0,4 % du gaz produit à partir de 2013 en Saskatchewan et en Alberta était évacué. De surcroît, l'ACPP (1990) affirme que selon une enquête effectuée auprès des producteurs de pétrole lourd, 4,08 % des gaz produits étaient évacués dans des activités liées au pétrole lourd thermique en 1995.

Par conséquent, de 1990 à 2004, les émissions d'évacuation déclarées issues d'installations de pétrole lourd thermique en Alberta et en Saskatchewan sont estimées à l'aide de la proportion pétrole/gaz de 62,2 de l'ACPP (1999) pour initialement estimer le volume de gaz produit. Ce volume est multiplié par le taux d'évacuation de 4,08 % (ACPP, 1999) pour la période de 1990 à 1995. De 1996 à 2004, le taux d'évacuation de chacune des provinces est interpolé linéairement entre 4,08 % et le taux d'évacuation calculé pour 2005 dans la province. Finalement, les émissions sont estimées à l'aide de l'Équation A3.2–11 et la composition de gaz correspondante.

Enfin, si une source et un secteur en particulier dans chaque province et territoire n'existaient que dans une des années inventoriées, alors les données d'inventaire étaient extrapolées à toute la série chronologique, de manière à assurer la cohérence de cette dernière.

Figure A3.2–2 **Représentation graphique de la méthode du « calage »**



Ajustement proportionnel

Comme indiqué précédemment, si la méthode du « calage » donnait des émissions négatives durant une quelconque année de la période d'interpolation, la méthode a été abandonnée pour ce secteur, source ou province et territoire au profit de la méthode d'« ajustement proportionnel », indiquée à l'Équation A3.2–7.

Équation A3.2–7

$$TE_{i,j}^{k} = TE_{i,j}^{k,k1_exp} \times \frac{\left(TE_{i,j}^{k2_inv}\right)}{\left(TE_{i,j}^{k2,k1_exp}\right)}$$

$TE_{i,j}^{k}$ = taux d'émission du composé i à la source j durant l'année k

$TE_{i,j}^{k,k1_exp}$ = taux d'émission du composé i à la source j à partir des données extrapolées de l'année k1

$TE_{i,j}^{k2_inv}$ = taux d'émission du composé i à la source j à partir des données inventoriées de l'année k2

$TE_{i,j}^{k2,k1_exp}$ = taux d'émission du composé i à la source j durant l'année k2 à partir des données extrapolées de l'année k1

k = année entre k1 + 1 et k2

$k1$ = année de base 1 (2000 ou 2005)

$k2$ = année de base 2 (2005 ou 2011)

Si k1 est égal à 2005, k2 est égal à 2011 et k est égal à k1, alors le résultat de l'Équation A3.2–7 est le taux d'émission de l'année inventoriée 2011. Autrement, le taux d'émission des données extrapolées est modifié par le même pourcentage, pour chaque année de la période interpolée. Il a fallu appliquer cette méthode dans moins de 0,3 % des cas, en général uniquement pour les sources à très faibles émissions.

A3.2.2.1.2. Estimation directe des émissions d'évacuation et de torchage déclarées

Méthodologie

Les émissions d'évacuation et de torchage déclarées en Alberta depuis 2010 et en Saskatchewan depuis 1990 sont estimées directement au lieu d'être extrapolées à partir des études de l'ACPP et du PGA (ACPP, 2005a; EC, 2014). De façon similaire, les émissions déclarées d'évacuation (à partir de 2019) et de torchage (à partir de 1996) de la Colombie-Britannique ainsi que les émissions du torchage extracôtier de Terre-Neuve-et-Labrador (à partir de 1997) sont estimées directement.

En Alberta, les volumes de gaz évacués et torchés par exploitant et installation déclarés dans le système de Petrinex (Petrinex, s.d. [b]) sont utilisés en conjonction avec les données sur la composition des gaz par canton dans la province (Tyner et Johnson, 2020) pour estimer les émissions. Toutefois, les données publiques de Petrinex (s.d. [b]) ne comprennent pas les installations confidentielles, qui en général comptent pour environ 1 à 2 % des volumes déclarés de torchage et d'évacuation. Le rapport *ST60B : Upstream Petroleum Industry Flaring and Venting Report* (AER, 2000) est publié chaque année par l'Alberta Energy Regulator (AER). Il constitue une synthèse des volumes de gaz évacués et torchés déclarés, y compris ceux déclarés par les installations absentes des données publiques de Petrinex. Par conséquent, pour bien tenir compte des volumes complets de gaz évacués et torchés, les volumes de gaz et les émissions associées calculés à l'aide des données de Petrinex sont ajustés pour correspondre aux volumes présentés dans le rapport ST60B

Pour 2020 et les années ultérieures, les volumes évacués déclarés dans le système de déclaration OneStop de l'Alberta (AEPA, 2022; AER, 2000–) servent à ajuster les émissions calculées à partir des volumes évacués déclarés à Petrinex. Voir la section A3.2.2.1.6 pour en savoir plus.

Les volumes de gaz évacués et torchés par exploitant et installation déclarés à Petrinex depuis 2012 (SK MER, 2012– [c]; Petrinex, s.d. [a]) et ceux se rapportant à des années antérieures qui sont accessibles dans d'autres publications (SK MER, 1990–2008; 2009–2011) sont utilisés conjointement avec les données de composition des gaz par catégorie de production (SK MER, 2021) pour estimer les émissions de la Saskatchewan.

En Colombie-Britannique, les exploitants déclarent les volumes de torchage et d'évacuation au niveau des installations à Petrinex depuis 2019 (BCER, s.d. [b]). Les émissions déclarées d'évacuation et de torchage sont calculées directement par la combinaison des données volumétriques déclarées avec la composition du gaz naturel propre à l'emplacement. ECCC a obtenu les compositions de gaz naturel produit à l'aide de dizaines de milliers d'analyses d'échantillons de gaz issus de puits de production dans la province (BCER, s.d. [c]; [d]).

Les volumes de gaz torchés à Terre-Neuve-et-Labrador par installation de production extracôtière (RC-TNLEE, s.d. [b]) sont déclarés à la Régie Canada-Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière (RC-TNLEE) et communiqués à Environnement et Changement climatique Canada dans le cadre d'une entente de partage de données. Il est possible d'obtenir les volumes mensuels de gaz torchés depuis le début de la production en novembre 1997. Dans la mesure du possible, les CE annuels de CO_2 et de CH_4 attribuables au torchage à l'échelle des installations ont été calculés selon les émissions causées par le torchage déclarées pour chaque installation au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, s.d.) et les volumes annuels de gaz torchés. En l'absence de données de ce programme, les CE de l'ACPP (2005a) ont été utilisés.

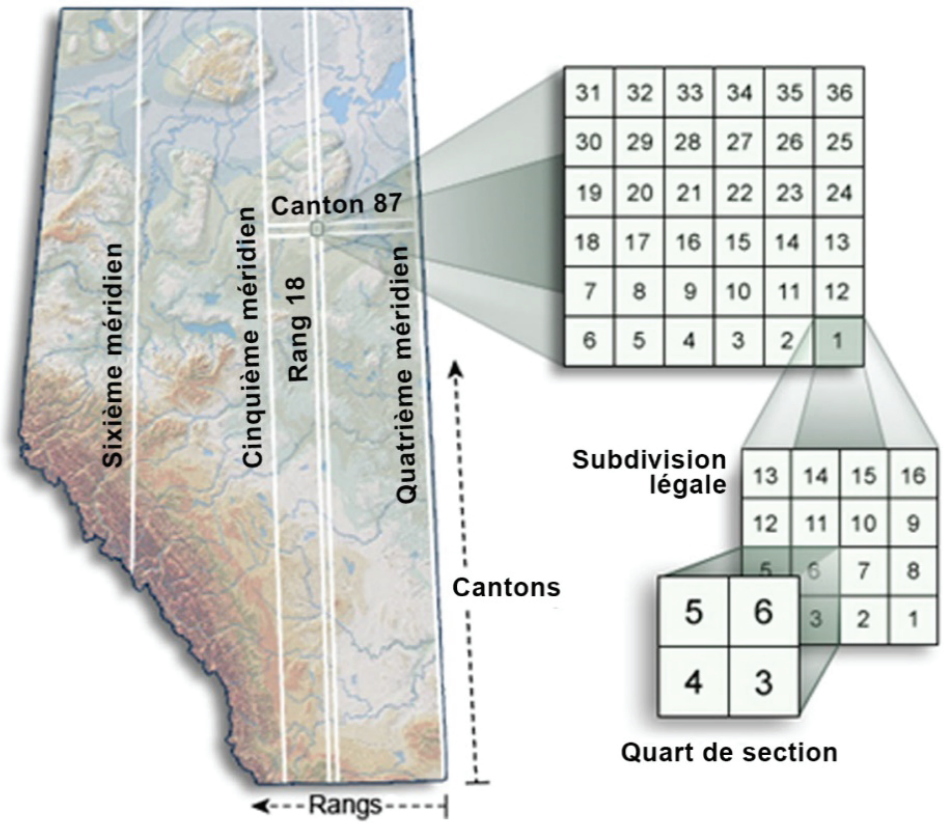
Données sur les activités

Le système de déclaration de Petrinex recueille diverses données sur la comptabilisation de la production volumétrique principalement en vue de percevoir des redevances. Les installations d'exploitation pétrolière et gazière de l'Alberta, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique doivent déclarer diverses données à Petrinex tous les mois. Ces données comprennent des données de base pour chaque installation comme l'identification de l'installation, la classification du sous-type, le nom de l'installation, l'exploitant, l'emplacement géographique, etc. ainsi que les données volumétriques correspondant à un code de produit (p. ex., pétrole brut, bitume, pétrole lourd, eau, gaz) et code d'activité (p. ex., torche, évent, carburant, production, arrivages, élimination) particuliers.

Le système de l'*Alberta Township Survey* (ATS) fait suite à la méthode d'arpentage des terres fédérales (ATF), où toute parcelle de terrain dans l'ouest du Canada peut être localisée en fonction de sa description légale des terres. Dans l'ATS, les terres sont désignées comme étant à l'ouest du 4e, 5e ou 6e méridiens (110°, 114°, 118° de longitude ouest, respectivement). Les colonnes d'une largeur de six milles entre les méridiens sont appelées des rangs et sont numérotées de manière consécutive d'est en ouest. Les cantons sont des rangées d'une largeur de six milles qui recoupent les rangs et sont numérotés de manière consécutive du sud ou nord. Le terme canton décrit également le carré de six milles sur six milles que forme l'intersection des rangs et des cantons. Les cantons sont également subdivisés en 36 sections, et ces sections sont ensuite divisées en quarts (nord-est, nord-ouest, sud-est, sud-ouest), ou en 16 subdivisions légales (SL), comme indiqué dans la Figure A3.2–3.

La province de la Saskatchewan utilise également la méthode d'ATF pour définir les parcelles de terres. Les cantons y sont regroupés en quatre régions de production de pétrole et de gaz naturel : la RÉGION I – Lloydminster, la RÉGION II − Kindersley, la RÉGION III − Swift Current, et la RÉGION IV − Estevan (voir la Figure A3.2–4).

Figure A3.2–3 **Alberta Township System (ATS)**

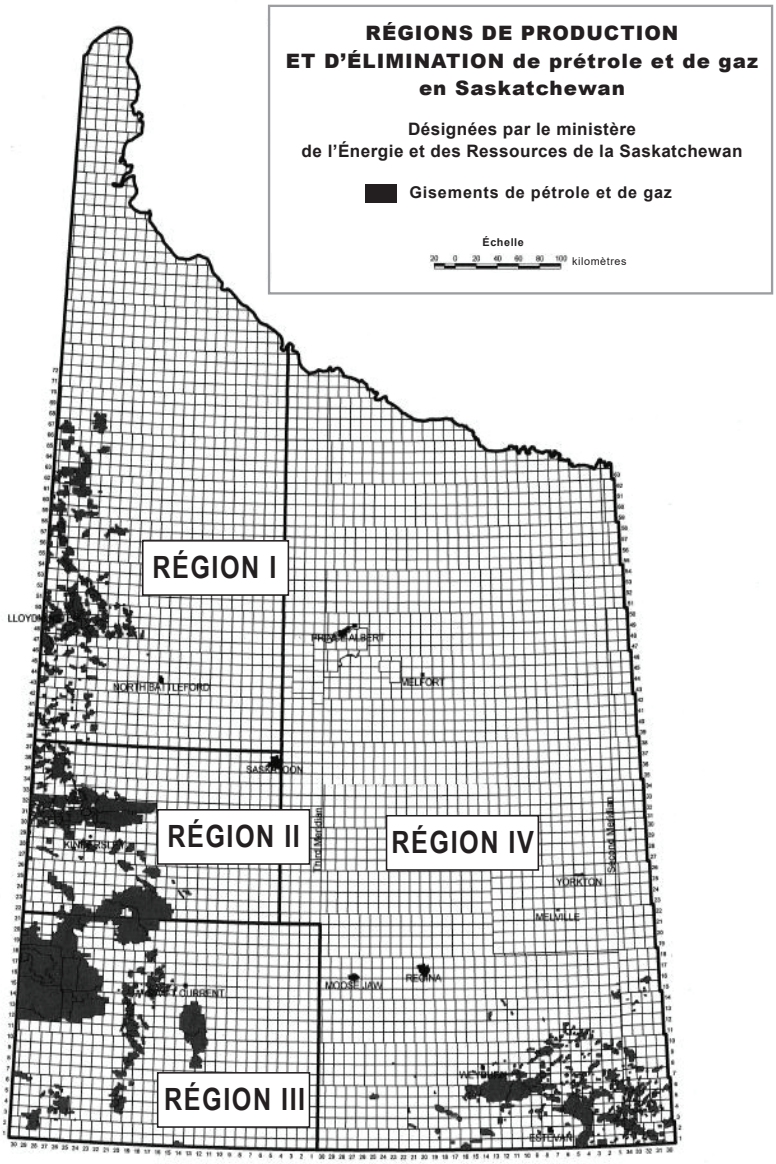


Note :
Source : Gouvernement de l'Alberta (2021) (en anglais seulement)

Les volumes détaillés de gaz évacués et torchés à l'échelle des installations de la Saskatchewan sont disponibles depuis 2012 (SK MER, 2012– [c]; Petrinex, 2024b), mais les données de 1990 à 2011 sont groupées en totaux provinciaux (SK MER, 1990–2008; 2009–2011). Toutefois, pour utiliser les données de composition détaillées, les volumes groupés doivent être scindés et répartis selon les quatre régions de production. Cette opération a été effectuée en calculant les rapports entre les volumes de gaz évacués et torchés déclarés et les volumes de production pour chacune des années pour lesquelles des données détaillées étaient disponibles (c.-à-d. de 2012 à 2020), puis en pondérant les volumes de production annuels, par région, au moyen de ces rapports dans la première partie de la série chronologique (SK MER, 1990–2008; 2009–2011). Les volumes ainsi calculés ont été normalisés selon les volumes totaux provinciaux, afin de veiller à ce que les volumes estimés ne soient ni supérieurs ni inférieurs aux données déclarées.

Les volumes de gaz évacués lors de la collecte et du traitement des gaz n'étaient pas déclarés avant 2012. Par conséquent, les volumes estimés n'ont pu être normalisés en fonction des volumes déclarés entre 1990 et 2011, puisque ces données étaient inexistantes. De même, les volumes de gaz évacués déclarés aux installations pétrolières étaient faibles par rapport aux volumes de production de 1990 à 2006, au point d'être irréalistes. Ainsi, les volumes estimés n'ont pas non plus été normalisés selon les volumes déclarés pour cette période.

Figure A3.2–4 **Zones de production pétrolière et gazière en Saskatchewan**

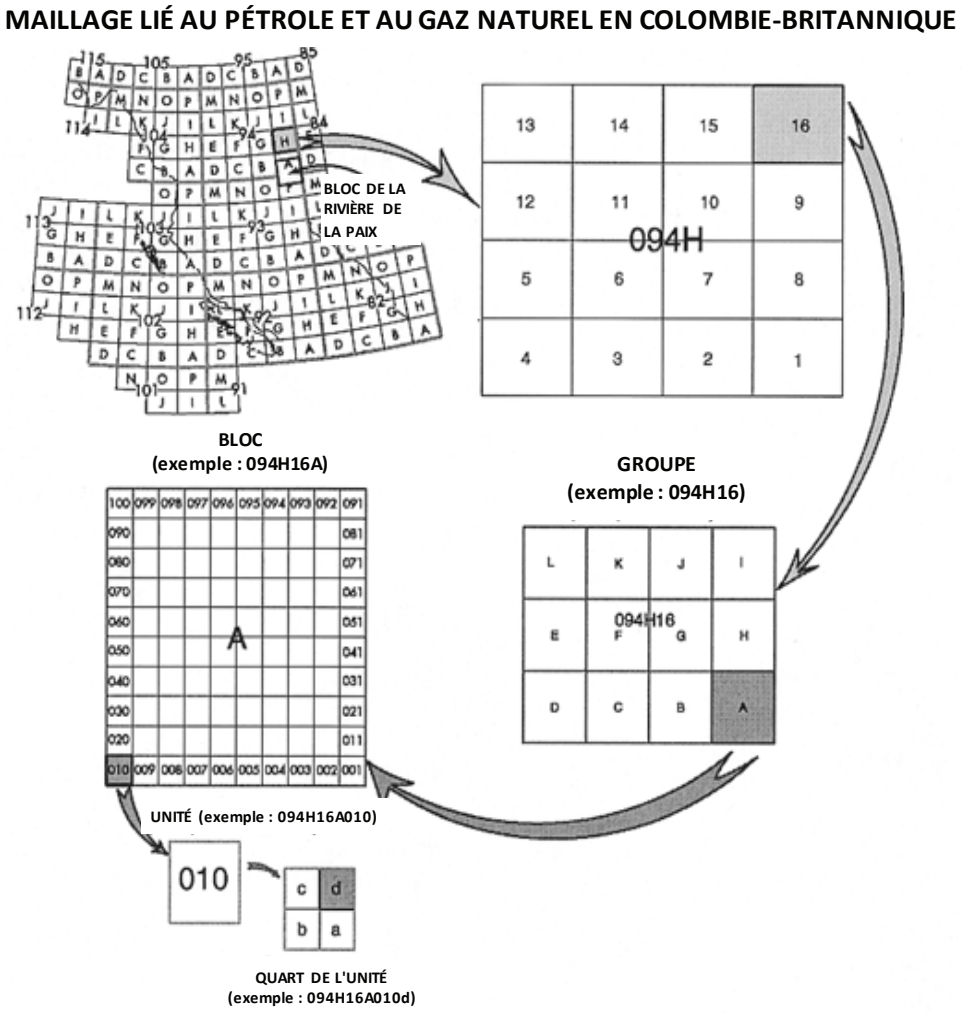


Note :
Source : Gouvernement de la Saskatchewan (2021)

De plus, les volumes antérieurs de production de pétrole lourd ne font pas la distinction entre la production thermique et la production à froid. Cependant, une série chronologique des volumes de production de pétrole lourd thermique a été établie à partir des données déclarées à Petrinex (Petrinex, s.d. [a]) et des renseignements extraits des rapports annuels archivés sur les exploitants de pétrole lourd en Saskatchewan (p. ex. Husky Energy). La série chronologique estimée a ensuite servi à séparer la production de pétrole lourd en production à froid et thermique, pour ensuite attribuer proportionnellement les volumes de torchage et d'évacuation au secteur de production spécifique (c.-à-d. pétrole non lourd, pétrole lourd à froid, pétrole lourd thermique), selon le cas.

BCER fournit directement à ECCC les volumes de torchage et d'évacuation déclarés à Petrinex pour chaque installation (BCER, s.d. [b]). Couvrant toutes les années depuis 2019, les données détaillées de Petrinex contiennent des renseignements sur les installations semblables aux données déclarées en Alberta et en Saskatchewan, à une différence près. En Colombie-Britannique, l'emplacement des infrastructures pétrolières et gazières dans la région de Peace River est fixé à l'aide du système d'ATF, mais à l'extérieur de cette région, c'est le maillage lié au pétrole et au gaz naturel qui est employé. Le règlement relatif au maillage lié au pétrole et au gaz naturel fixe son application, qui suit sensiblement le Système national de référence cartographique (SNRC) en divisant la province en « blocs », en « unités » et en « quarts d'unités » (BC, 2020b). La Figure A3.2–5 décrit l'attribution de l'emplacement des puits et des installations et leur interprétation selon le maillage lié au pétrole et au gaz naturel. À des fins d'estimation des émissions de torchage et de ventilation, les données volumétriques de Petrinex sont consolidées par canton dans la région de Peace River et par bloc dans le reste de la province.

Figure A3.2–5 **Maillage lié au pétrole et au gaz naturel en Colombie-Britannique**



Note :
Source : Gouvernement de la Colombie-Britannique (2020b)

Les volumes de gaz de torchage pour la période de 1996 à 2018 sont tirés du *Air Summary Report* (BCOGC, 2019), qui donne les volumes de torchage consolidés à l'échelle du sous-secteur provincial.

Les volumes mensuels de gaz torchés à Terre-Neuve-et-Labrador déclarés par chacune des installations extracôtières, y compris Hibernia, Terra Nova, Sea Rose et Hebron, ont été utilisés pour calculer les émissions.

Coefficients d'émission

Afin de refléter la variabilité régionale dans la composition des gaz, les émissions de torchage et d'évacuation déclarées en Alberta sont estimées à l'aide de données sur la composition du gaz naturel de l'industrie albertaine du PGA analysées par l'Energy and Emissions Research Laboratory (EERL) de l'Université Carleton (Tyner et Johnson, 2020) (ci-après appelé l'étude EERL). L'étude EERL utilise les données mesurées sur la composition des gaz provenant d'environ 400 000 puits en Alberta qui ont été recueillies sur une période couvrant plusieurs décennies dans l'ensemble des nombreuses régions productrices de pétrole et de gaz de la province pour déterminer la composition du gaz par canton de l'Alberta (voir la Figure A3.2–6).

Les données de composition des gaz pour la Saskatchewan ont été fournies directement par le ministère de l'Énergie et des Ressources de la province (SK MER, 2021). Elles sont divisées selon les catégories de production de la Saskatchewan, telles que présentées dans le Tableau A3.2–10.

ECCC a calculé la composition des gaz en Colombie-Britannique à partir d'échantillons de gaz prélevés aux puits et de données de production déclarées à l'organisme réglementaire provincial (BCER, s.d. [c]; [d]). Dans la mesure du possible, l'ensemble des données de composition a été compilé selon la méthode du EERL (2020), qui consiste notamment à examiner les données brutes des échantillons pour éliminer les points aberrants. Dans les puits sans données d'échantillonage sur la composition des gaz produits (environ 40 % des puits pétroliers et gaziers déclaraient leur production en 2024), les fractions molaires de chacun des composants ont été attribuées à l'aide de la moyenne pondérée par l'inverse de la distance ($_{PI}D$) en deux dimensions des 20 puits les plus près dans le même réservoir, ou simplement des 20 voisins les plus proches faute de 20 autres puits dans le réservoir (c.-à-d. des puits ayant les mêmes codes de « zone » et de « formation » dans les données déclarées). Bien que l'étude du EERL recoure à une méthode $_{PI}D$ en trois dimensions, l'analyse de Ressources naturelles Canada a montré qu'une méthode en deux dimensions, plus simple, donne le même degré d'exactitude lors de l'attribution de la composition des gaz aux puits en Colombie-Britannique (Naseri et Vena, 2025).

Les volumes de production de gaz par puits ont ensuite été liés à l'ensemble de données final sur la composition au niveau des puits pour calculer la composition moyenne pondérée par la production des gaz, et ce, par bloc ou canton en Colombie-Britannique. Voir ECCC (2026) pour une explication détaillée de la méthode servant à obtenir les valeurs annuelles de composition et maillées des gaz, pondérées par la production dans la province.

L'ensemble de données maillées sur la composition des gaz réalisé par ECCC sert à estimer les émissions de torchage et d'évacuation déclarées à partir de 2019. La teneur moyenne en méthane par emplacement dans le nord-est de la Colombie-Britannique est présenté à la Figure A3.2–7. À l'intérieur des frontières de la zone de Peace River, des profils de composition propres aux cantons sont employés (dénotés comme ATF); dans le reste de la province, des valeurs propres aux blocs sont appliquées selon le maillage lié au pétrole et au gaz naturel. Les calculs d'émissions de torchage pour 1996 à 2018 emploient des compositions provinciales moyennes pondérées par la production, car les données de BCOGC (2019) ne sont pas réparties par installation.

Les CE du CO_2, du CH_4 et de l'oxyde de diazote (N_2O) pour le torchage sont calculés au moyen des données de composition des gaz, respectivement selon l'Équation A3.2–8, l'Équation A3.2–9 et l'Équation A3.2–10. Les CE calculés sont ensuite multipliés par les données volumétriques (Petrinex, s.d. [a]; SK MER, 2012– [c]; Petrinex, s.d. [b; BCER, s.d. [b]) pour estimer les émissions. De même, les émissions de CO_2 et de CH_4 attribuables à l'évacuation déclarée sont estimées au moyen de l'Équation A3.2–11.

Tableau A3.2–10 **Composition moyenne du gaz naturel selon la catégorie de production de la Saskatchewan**

Catégorie de production de la Saskatchewan	CH_4	CO_2	H_2S	C_2H_6	COV	Densité (kg/m³)
	Pourcentage de la masse					
RÉGION I – Lloydminster	87,98	4,56	0,02	1,31	0,95	0,7233
RÉGION II – Kindersley (lourd)	82,72	2,04	0,54	3,82	7,84	0,7559
RÉGION II – Kinderlsey (non lourd)	67,22	0,33	0,00	3,15	24,23	0,8597
RÉGION III – Swift Current	66,68	2,50	0,42	2,47	17,98	0,8512
RÉGION IV – Estevan	35,55	2,55	1,82	17,59	36,17	1,1037

Figure A3.2–6 **Contenu en méthane par canton en Alberta avec certaines formations produisant du pétrole et du gaz**

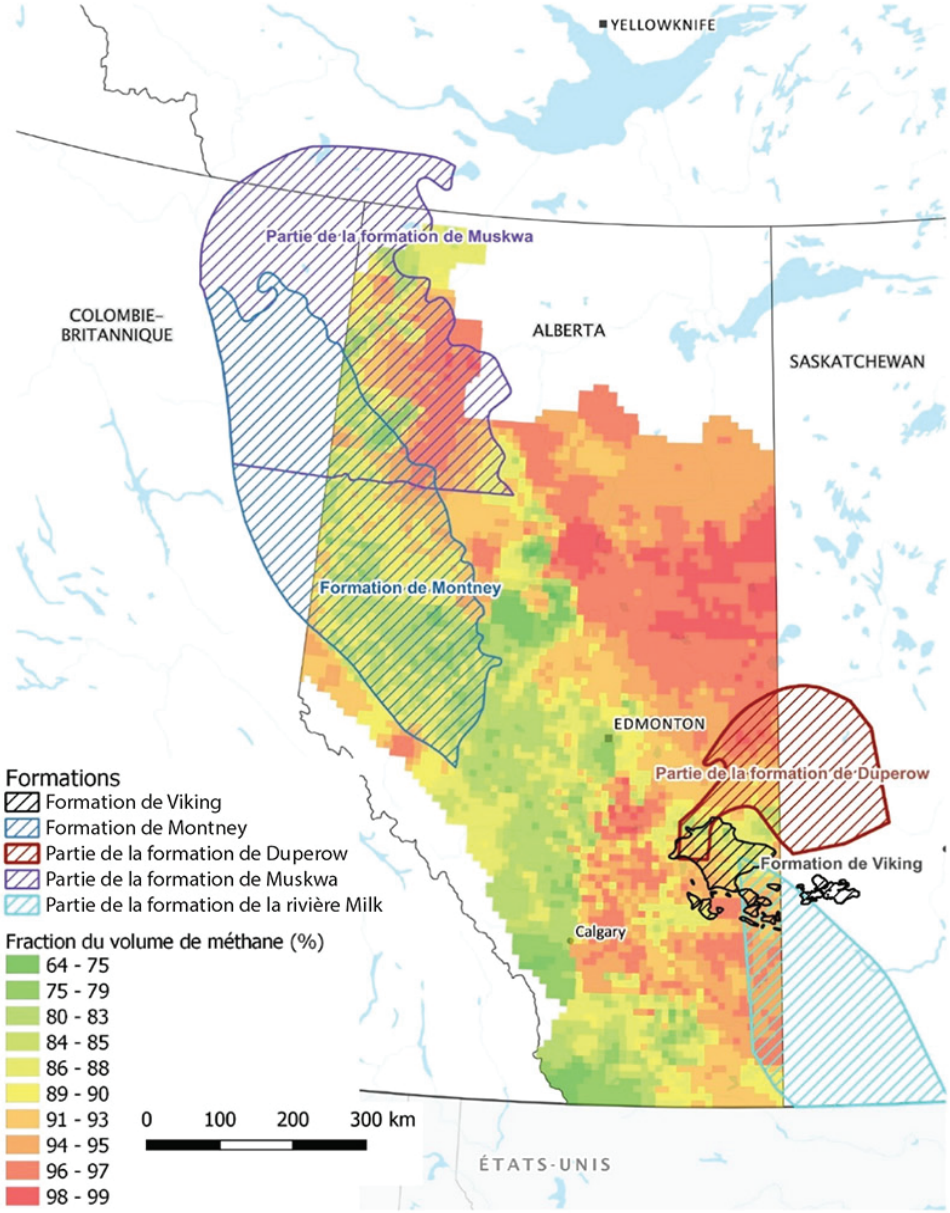
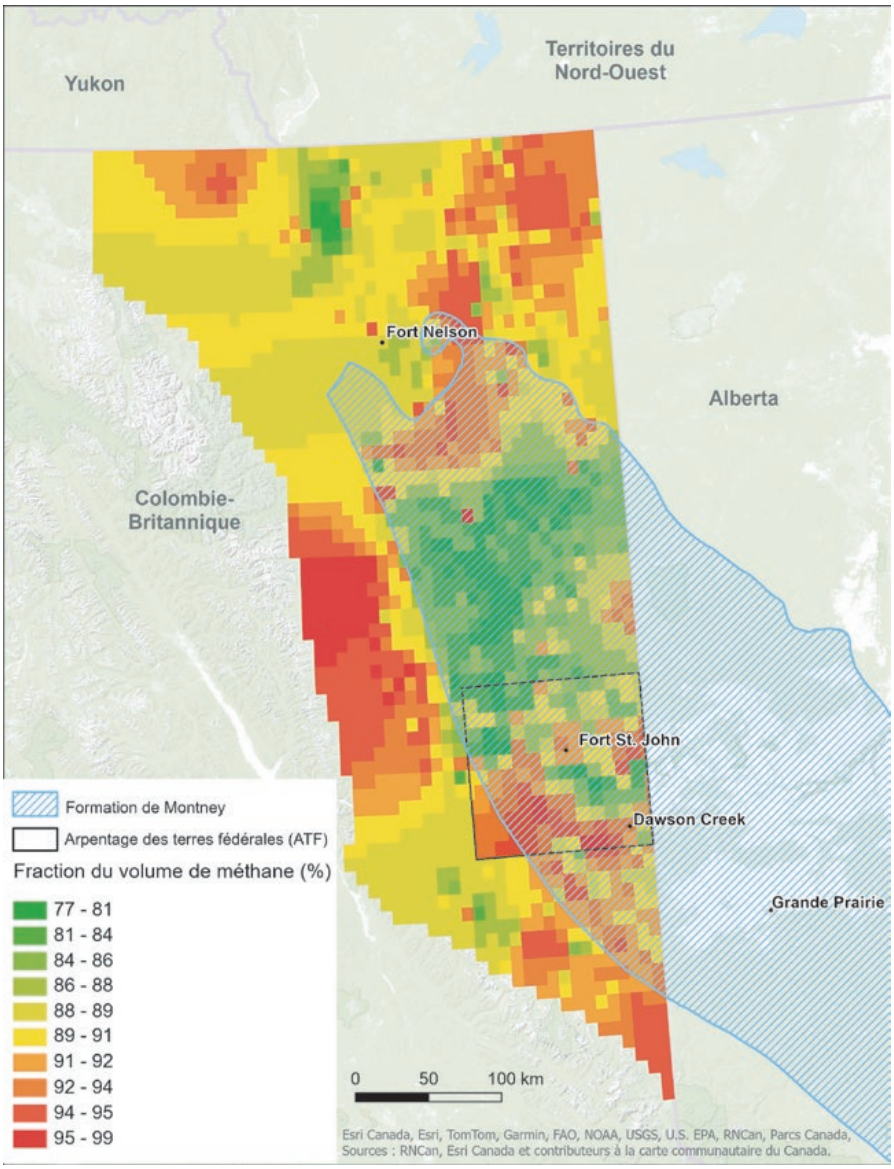


Figure A3.2–7 **Teneur en méthane propre à l'emplacement du gaz naturel produit en Colombie-Britannique**



Équation A3.2–8

$$CE_{CO_2.i} = \sum_j \frac{y_{i.j} \times n_{c.j} \times MM_{CO_2}}{V_{TPN}} \times g_c$$

$CE_{CO_2.i}$ = coefficient d'émission du CO_2 attribuable au torchage dans la zone désignée i(g/m^3)
$y_{i.j}$ = fraction molaire du composé j dansla zone désignée i
$n_{c.j}$ = nombre d'atomes de carbone par molécules du composé j
MM_{CO_2} = masse moléculaire du CO_2 (g/mol) = 44,010 g/mol
V_{TPN} = volume de gaz dans des conditions normales (101,325 kPa et 15 °C) = 23,6444813 m^3/kmol
g_c = constante de proportionnalité = 1000 mol/kmol

Équation A3.2–9

$$CE_{CH_4,i} = \sum \frac{y_{CH_4,i} \times MM_{CH_4} \times (1 - EC)}{V_{TPN}} \times g_c$$

$CE_{CH_4,i}$ = coefficient d'émission du CH_4 attribuable au torchage dans la zone désignée i (g/m^3)
$y_{CH_4,i}$ = fraction molaire du CH_4 dans la zone désignée i
MM_{CH_4} = masse moléculaire du CH_4 (g/mol) = 16,04206 g/mol
EC = efficacité de la combustion = 0,98 (EC 2014)
V_{TPN} = volume de gaz dans des conditions normales (101,325 kPa et 15 °C) = 23,6444813 m^3/kmol
g_c = constante de proportionnalité = 1000 mol/kmol

Équation A3.2–10

$$CE_{N_2O,i} = TE_{N_2O} \times PCS_i$$

$CE_{N_2O,i}$ = coefficient d'émission du N_2O attribuable au torchage dans la zone désignée i (g/m^3)
TE_{N_2O} = taux d'émission attribuable au torchage pour le N_2O (g/MJ) = 0,0000952 g/MJ (WCI. 363(k) 2012)
PCS_i = pouvoir calorifique supérieur pour le canton i (MJ/m^3)

Équation A3.2–11

$$Emis_{i,j} = y_{i,j} \times Vol_i \times \rho_j$$

$Emis_{i,j}$ = émissions évacuées du composé j dans la zone désignée i (kilotonnes)
$y_{i,j}$ = fraction molaire du composé j dans la zone désignée i
Vol_i = volume de gaz évacué dans la zone désignée i (10^6 m^3)
ρ_j = densité du composé j dans des conditions normales (101,325 kPa et 15 °C) (kg/m^3)

Les CE de CO_2 et de CH_4 propres aux installations sont calculés annuellement depuis 2004 pour chacune des installations extracôtières à Terre-Neuve-et-Labrador à l'aide des émissions déclarées au PDGES (ECCC, s.d.) et des volumes de gaz torchés déclarés (RC-TNLEE, 2024b). Comme il n'y a pas de données du PDGES accessibles pour les années antérieures à 2004, les CE de l'ACPP (2005a) ont été utilisées pour la période 1997à 1999. Pour la période 2000 à2003, les CE ont été interpolés de manière linéaire entre les CE dérivés des données du PDGES pour 2004 et les CE de l'ACPP (2005a) utilisés pour l'année 1999.

A3.2.2.1.3. Appareils pneumatiques, joints d'étanchéité de compresseurs et fuites fugitives provenant de l'équipement

Méthodologie

Le modèle des émissions fugitives (MEF) liées au PGA permet d'estimer les émissions annuelles associées aux appareils pneumatiques (régulateurs et pompes), aux joints d'étanchéité de compresseurs et aux fuites provenant de l'équipement, au moyen d'une méthode par installation, et ce, à partir de 1990. Le modèle permet de calculer les émissions, par province et segment de l'industrie, à partir du nombre d'installations et de puits de PGA actifs, ainsi que du nombre moyen de composants par type d'installation (ou coefficient de composants), des CE associés à ces composants, des données de composition des gaz et d'autres paramètres propres aux sources d'émissions.

Le MEF est pour l'instant limité aux provinces de l'ouest du Canada, soit la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba. En général, ces provinces sont responsables de plus de 95 % de la production totale de gaz naturel et de plus de 90 % de la production totale de pétrole brut au pays pour une année donnée (Statistique Canada, s.d. [d], s.d. [f]).

La portée des travaux de modélisation se concentre sur certains types d'installations en particulier, dont les batteries pétrolières, les stations de compression, et les usines de gaz. Les installations sont ensuite classées en sous-types (p. ex., batterie à puits unique, batterie à puits multiples) et par type de produit (p. ex., pétrole brut léger ou moyen, pétrole brut lourd, gaz naturel). Tous les sites de puits actifs font également partie du MEF.

Cette méthode simplifie l'amélioration continue, qui peut se faire par la révision des sources de données ou des paramètres du modèle (comme les coefficients de composantes ou les CE associés à certains sous-types d'installation, certains types de produits ou certaines régions) à mesure que de nouvelles informations sont connues. Si des données fiables existent, les changements dans les pratiques de l'industrie ou les politiques gouvernementales d'une année à l'autre peuvent également être pris en compte dans le modèle.

Une synthèse de la méthodologie du MEF est présentée dans les sections suivantes. Pour la documentation complète se rapportant à cette méthode, y compris le dénombrement des installations et les paramètres du modèle, consulter le rapport *Upstream Oil and Gas Fugitive Emissions Model: Methodology and Documentation* (ECCC, 2026).

Les estimations d'émission provenant des appareils pneumatiques, des joints d'étanchéité de compresseurs et des fuites dans l'équipement obtenues au moyen du MEF remplacent les estimations obtenues pour les mêmes sources avec la méthode décrite à la section A3.2.2.1.1, sauf quelques exceptions dignes de mention. Depuis 2020, les émissions issues des joints d'étanchéité de compresseurs en Alberta ne sont plus incluses séparément dans le total des émissions. De même, en Saskatchewan, les estimations d'émission provenant des appareils pneumatiques et des joints d'étanchéité de compresseurs à toutes les installations, ainsi que celles des fuites fugitives provenant de l'équipement aux installations de production gazière et de traitement du gaz naturel ne sont plus comprises dans le total des émissions depuis 2020. Les estimations relatives aux appareils pneumatiques et aux joints d'étanchéité de compresseurs sont également omises à partir de 2021 en Colombie-Britannique. Dans chacun des cas, les changements découlent d'une révision, par les provinces, des définitions de ce que les exploitants doivent inclure dans leurs déclarations comme volumes de gaz évacués. En raison de la modification de ces définitions, les estimations d'émission de ces sources ne sont plus incluses séparément dans le total des émissions pour éviter une double comptabilisation, étant donné qu'elles sont déjà comprises dans les estimations d'émission d'évacuation déclarées. Consulter la section A3.2.2.1.6 pour une discussion complète concernant ces changements.

Données sur les activités

Les estimations d'émission du MEF sont produites à partir du dénombrement annuel des installations et des puits en activité en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. Le MEF s'appuie sur plusieurs sources de données présentées dans le Tableau A3.2–11 pour déterminer le nombre d'installations actives dans les provinces de l'ouest. Le dénombrement des installations et des puits est obtenu directement à partir des données de comptabilisation de la production (p. ex. Petrinex, s.d. [a], s.d. [b]; BCER, s.d. [b]; MB EDITNR, s.d. [b]) ou des données fournies par les organismes de réglementation provinciaux (p. ex., BCOGC, 2018), lorsque ces données existent. Toutefois, comme les données de comptabilisation de la production ne sont pas complètes jusqu'en 1990 pour chacune des provinces, il est nécessaire d'estimer le nombre d'installations au moyen d'autres méthodes et sources de données pour les années où les données sont manquantes. Le document sur la méthodologie du modèle (ECCC, 2026) présente une description complète de la manière de combiner les sources de données existantes pour obtenir le nombre d'installations de PGA dans ces provinces à partir de 1990, ainsi que la liste des dénombrements d'installations utilisés dans le MEF.

Tableau A3.2–11 **Sources de données utilisées pour déterminer les nombres d'installations et de puits**

Province	Années	Type d'installation du MEF	Source des données	Description de la source
AB	2014–2024	Tous sauf les batteries satellites	Petrinex (s.d. [a])	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	2010–2013	Tous sauf les stations de compression et les batteries satellites	Alberta Energy Regulator (AER)	Données volumétriques annuelles de Petrinex (prétraitées et fournies par l'AER)
	2000–2009	Tous sauf les stations de compression, les usines de gaz, les systèmes de collecte de gaz et les batteries satellites	AER	Données annuelles fournies par l'AER
	1990–2009	Usines de gaz	AER (2020)	Données sur les usines de traitement du gaz naturel en Alberta (AER ST50A)
	1990–2024	Batteries satellites	Petrinex (s.d. [c])	Permis d'installation de l'Alberta
	1990–2009	Sites de puits	ACPP (s.d. [a])	Nombre de puits de pétrole et de gaz en exploitation (tableaux 3.17 et 3.18)
BC	2010–2017	Tous sauf les usines de gaz	BCOGC (2018)	Dénombrement des installations et volumes de production obtenus à partir des données de la BCOGC
	2019–2024	Tous sauf les batteries satellites	BCER (s.d. [b])	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	2004–2018	Usines de gaz	BC (2020a)	Rapport sur les usines de gaz de la Colombie-Britannique
	2020-2024	Batteries satellites et stations de compression	BCER (s.d. [e])	Données sur les fuites, la détection et la réparation pour les puits et les installations
	1990–2009, 2018	Sites de puits	ACPP (s.d. [a])	Nombre de puits de pétrole et de gaz en exploitation (tableaux 3.17 et 3.18)
SK	2013–2024	Tous sauf les stations de compression et les batteries satellites	Petrinex (s.d. [b])	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	2013–2024	Usines de gaz	SK MER (2013)	Rapports sur les usines de gaz de la Saskatchewan
	2013–2024	Batteries satellites et stations de compression	Petrinex (s.d. [d])	Infrastructure des installations de la Saskatchewan
	1990–2020	Sites de puits	ACPP (s.d. [a])	Nombre de puits de pétrole et de gaz en exploitation (tableaux 3.17 et 3.18)
MB	2020–2024	Tous	MBRNDN (s.d. [b])	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	1990–2024	Sites de puits	MBRNDN (s.d. [c])	Rapports de production par puits

Coefficients d'émissions et autres paramètres

Les coefficients de composantes correspondant au nombre moyen de chaque type d'appareils pneumatiques, de compresseurs et de composantes d'équipement par sous-type d'installation sont déterminés à partir des études présentées au Tableau A3.2–12. Les autres paramètres sont également obtenus à partir de ces études, comme la proportion d'appareils pneumatiques alimentés au gaz par sous-type d'installation. Pour obtenir la liste complète de tous les coefficients de composantes utilisés dans le MEF, voir le document sur la méthodologie du MEF (ECCC, 2026).

Les sources de données provinciales ont également été exploitées pour calculer les CE et d'autres paramètres du MEF. L'organisme de réglementation de l'énergie de l'Alberta (AER) publie les données déclarées par les installations à partir de son système de déclaration OneStop, y compris les volumes de gaz d'évacuation des instruments pneumatiques, des pompes pneumatiques et des joints d'étanchéité de compresseurs, ainsi que les volumes estimés libérés par des fuites d'équipement non intentionnelles (AER, 2024d). En outre, le programme de Déclaration industrielle des GES de la Colombie-Britannique recueille des données sur les émissions et des informations complémentaires auprès des installations du PGA opérant dans la province. Les données sur les émissions à la source déclarées par les installations sont complétées par des rapports détaillés, qui contiennent des informations importantes, notamment le nombre de dispositifs pneumatiques émetteurs et le nombre d'équipements (BC, 2024). L'information dans ces ensembles de données provinciales permet à ECCC de mettre à jour les paramètres et les hypothèses du modèle, en veillant à ce que le MEF suive avec précision les tendances des émissions au cours des années qui ont suivi la réalisation des études présentées dans le Tableau A3.2–12.

Les émissions issues des appareils pneumatiques sont estimées au moyen de l'Équation A3.2–12 et des CE présentés dans le Tableau A3.2–13.

La Colombie-Britannique a fourni un nombre sommaire d'appareils pneumatiques regroupés selon le sous-secteur de l'industrie et par taux de purge (BC, 2024), qui a été utilisé pour affiner les CE calculés, les ratios d'actifs et les proportions d'appareils pneumatiques fonctionnant au gaz. Les CE provenant de la Colombie-Britannique dans le Tableau A3.2–13 pour certains régulateurs pneumatiques en 2014 et 2018 ont été calculées à l'aide de ces dénombrements d'appareils, les CE pour chaque type d'appareil en 2015-2017 étant estimés par interpolation linéaire. ECCC (2026) fournit une description complète de la façon dont les données pneumatiques agrégées sont utilisées dans le modèle.

Le ministère de l'Environnement et des Aires protégées de l'Alberta fournissait auparavant à ECCC un registre des appareils pneumatiques qui ont été remplacés de 2012 à 2020. Ce registre comprend le remplacement de pompes et de régulateurs pneumatiques alimentés au gaz par des appareils fonctionnant à l'électricité et à l'air comprimé (c.-à-d. des appareils sans émissions), et d'appareils à forte purge par des appareils à faible purge, ainsi que l'ajout de systèmes de captage des gaz d'évacuation. De même, le programme de congé de redevances pour les infrastructures propres de la Colombie-Britannique et le CleanBC Industry Fund consigne les remplacements d'appareils en Colombie-Britannique.

Les données de ces programmes permettent de tenir compte de l'effet des activités de réduction des émissions en Alberta et en Colombie-Britannique, et de réduire la valeur des estimations d'émission de ces provinces. Ces réductions sont appliquées à partir de l'année 2018, puisque les études sur le terrain sur lesquelles s'appuie la détermination des coefficients de composantes ont été réalisées au cours de la période de 2017 à 2018, et devraient donc avoir déjà tenu compte des conversions d'équipement survenues avant. Les conversions d'équipement en Colombie-Britannique n'affectent que les estimations d'inventaire effectuées avant 2021, car les appareils pneumatiques ont par la suite été inclus dans les évacuations déclarées, tel que décrit dans la section A3.2.2.1.6.

Tableau A3.2–12 **Sources de données pour les coefficients de composantes utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont**

Source d'émission	Province	Auteurs	Année	Titre du rapport
Appareils pneumatiques	Toutes	Greenpath Energy Ltd.	2016	*Modelling Inputs for Upstream Oil and Gas Methane Emission Sources*
	AB, MB	Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton	2018	*Update of Equipment, Component and Fugitive Emission Factors for Alberta Upstream Oil and Gas*
	SK	Advisian Ltd.	2019	*Oil and gas inventory information enhancement and economic analysis study: Field data gather and interpret report*
	BC	Cap-Op Energy	2019	*British Columbia Oil and Gas Methane Emissions Field Study*
Fuites provenant de l'équipement	Toutes	Greenpath Energy Ltd.	2016	*Modelling Inputs for Upstream Oil and Gas Methane Emission Sources*
	AB, SK, MB	Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton	2018	*Update of Equipment, Component and Fugitive Emission Factors for Alberta Upstream Oil and Gas*
	BC	Cap-Op Energy	2019	*British Columbia Oil and Gas Methane Emissions Field Study*
Joints d'étanchéité des compresseurs	AB, SK, MB	Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton	2018	*Update of Equipment, Component and Fugitive Emission Factors for Alberta Upstream Oil and Gas*
	BC	Cap-Op Energy	2019	*British Columbia Oil and Gas Methane Emissions Field Study*

Tableau A3.2–13 **Coefficients d'émissions des appareils pneumatiques par province**

Province(s)	AB, SK, MB	BC[b]				
Années d'application	1990–2024	1990–2014	2015	2016	2017	2018–2024
Type d'appareil pneumatique	Taux de libération (m^3/hr)					
Intermittent	0,00314	0,00314	0,00314	0,00314	0,00314	0,00314
Niveau	0,378[a]	0,22	0,202	0,183	0,165	0,147
Positionneur	0,247	0,719	0,71	0,701	0,692	0,683
Pression	0,43	0,644	0,634	0,623	0,613	0,602
Température	0,00543	0,00543	0,00543	0,00543	0,00543	0,00543
Transducteur	0,42	0,391	0,388	0,385	0,382	0,379
Pompe à méthanol	0,636	0,553	0,553	0,553	0,553	0,553
Autres pompes pour produits chimiques	0,55	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Notes :
À moins d'indication contraire, les coefficients d'émissions ont été calculés à l'interne par Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement (DPGER) d'ECCC, en utilisant Prasino (2013), Cap-Op Energy (2019), Clearstone (2018) et Spartan Controls (2018).

a. Clearstone (2019)

b. Les calculs de CE de ECCC pour les régulateurs de niveau, les positionneurs, les régulateurs de pression et les transducteurs intègrent les dénombrements agrégés de pneumatiques fournis par le ministère de l'Énergie et des solutions climatiques de la Colombie-Britannique (2024).

D'autres données sont également utilisées pour estimer des réductions supplémentaires des émissions provenant des appareils pneumatiques. Les données de OneStop couvrent la période à partir de 2020 et permettent de regrouper les volumes annuels d'évacuation des appareils pneumatiques par secteur du PGA. Les variations d'une année à l'autre des volumes d'évacuation des appareils pneumatiques par secteur sont calculés en pourcentage, lequel est ensuite utilisé pour rajuster les émissions modélisées à partir de 2021 en Alberta.

Équation A3.2–12

$$Emis_{i,j,k,l,m} = \frac{NI_{j,k} \times API_{j,k,l} \times APGprop_{j,k} \times CE_{l,m} \times \rho \times x_i \times 8\,760}{10^6}$$

$Emis_{i,j,k,l,m}$ = Émissions pour l'espèce de gaz i, le type d'installation j, le type de produit k, l'appareil pneumatique l selon le scénario m (kt)
$NI_{j,k}$ = Nombre d'installations de type j pour le type de produit k
$API_{i,k,l}$ = Nombre moyen d'appareils pneumatiques l par type d'installation j pour le type de produit k
$APGprop_{j,k}$ = Proportion d'appareils pneumatiques alimentés au gaz dans le type d'installation j pour le type de produit k
$CE_{l,m}$ = Coefficient d'émissions pour le type d'appareil pneumatique l selon le scénario m (m^3/h)
ρ = Densité du gaz rejeté (kg/m^3)
x_i = Fraction massique de l'espèce de gaz i
$8\,760$ = Nombre d'heures par année civile (24 h/jour × 365 jours/année)
10^6 = Nombre de kg par kt

Les émissions provenant des joints d'étanchéité de compresseurs alternatifs et centrifuges sont estimées au moyen de l'Équation A3.2–13 et des CE présentés au Tableau A3.2–14.

Équation A3.2–13

$$Emis_{i,j,k} = \frac{NI_{j,k} \times CPI_{j,k} \times JPC_{j,k} \times Util_{j,k} \times FRJ_m \times CE_m \times \rho \times x_i \times 8\,760}{10^6}$$

$Emis_{i,j,k}$ = Émissions provenant des joints d'étanchéité de compresseurs pour l'espèce de gaz i, le type d'installation j et le type de produit k (kt)
$NI_{j,k}$ = Nombre d'installations de type j pour le produit de type k
$CPI_{j,k}$ = Nombre moyen de compresseurs par installation de type j pour le produit de type k
$JPC_{j,k}$ = Nombre moyen de joints d'étanchéité par compresseur, pour le type d'installation j et le type de produit k
$Util_{j,k}$ = Taux d'utilisation des compresseurs par période de 24 heures pour le type d'installation j et le type de produit k
FRJ_m = Fraction des installations qui remplacent les joints d'étanchéité à la fréquence m
CE_m = Coefficient d'émissions provenant des joints d'étanchéité pour la fréquence de remplacement des joints m (m^3/h/cylindre)
ρ = Densité du gaz rejeté (kg/m^3)
x_i = Fraction massique de l'espèce de gaz i
$8\,760$ = Nombre d'heures dans une année civile (24 h/jour × 365 jours/année)
10^6 = Nombre de kg par kt

Les émissions attribuables aux fuites d'équipement sont calculées au moyen de l'Équation A3.2–14 et des CE présentés au Tableau A3.2–15. Les CE sont subdivisés par type de production (c.-à-d. gaz naturel ou pétrole brut), type de service de la composante (c.-à-d. liquide ou gaz pressurisé), type de composante et fréquence de détection et de réparation des fuites (DERF). Le Tableau A3.2–16 présente les divers scénarios de DERF, avec la fréquence de DERF correspondante. Ces scénarios permettent de distinguer les divers sous-types d'installations pétrolières et gazières sur le plan de la fréquence des activités de DERF au cours de la série chronologique.

Pour les années qui précèdent la publication du document sur les pratiques exemplaires de gestion des émissions fugitives aux installations de pétrole et de gaz en amont (ACPP, 2007), les coefficients correspondant au scénario « Aucune DERF », lequel présume l'absence d'activité formelle de DERF, sont appliqués à toutes les installations, sauf les usines de traitement des gaz, pour lesquelles les CE du scénario « Mesure industrielle 1 », dans lequel les activités de DERF sont présumées être menées aux deux ans, sont appliqués. À partir de 2007, les CE du scénario « Aucune DERF » sont progressivement remplacés, pour certaines autres installations, par les CE de Mesure industrielle 1. De même, les CE de « Mesure industrielle 2 » sont introduits progressivement à partir de 2015 pour tenir compte des activités de DERF plus fréquentes, soit environ tous les 16 mois. Il faut prendre note que pour la plupart des sous-types d'installations, les CE du scénario « Aucune DREF » sont appliqués à une faible proportion des installations, qui diminue chaque année à partir de 2007. Cette fraction représente les installations de ce sous-type qui ne traitent qu'une faible quantité de fluide et qui sont donc moins susceptibles d'avoir mis en place des activités formelles de DERF.

Enfin, les CE correspondant aux scénarios de politiques sont utilisés à partir de 2020 pour tenir compte de la mise en œuvre de la réglementation fédérale (ECCC, 2018) et provinciale (AB, 2018; BC, s.d. [b]; SK, s.d.) visant la réduction des émissions de méthane issues des activités pétrolières et gazières. Le règlement fédéral sur le méthane est en vigueur dans toutes les provinces, sauf l'Alberta, la Colombie-Britannique, et la Saskatchewan. Chacune de ces trois provinces a son propre règlement, qui devrait produire des réductions d'émissions de méthane équivalentes à celles visées par le règlement fédéral.

La partie du règlement fédéral qui concerne la DERF exige que des relevés de DERF soient menés trois fois par année, ou tous les quatre mois, à la plupart des sous-types d'installations. Ainsi, les CE du scénario « Politique 3 » sont appliqués au Manitoba à partir de 2020. De même, le règlement de la Saskatchewan exige des relevés de DERF deux fois par année, ou tous les six mois, aux installations de production et de traitement de gaz. Ainsi, les CE du scénario « Politique 2 » sont appliqués en Saskatchewan à partir de 2020. Le règlement de l'Alberta exige quant à lui des relevés de DERF chaque année à toutes les installations, sauf les usines de gaz non corrosifs et les stations de compression recevant des gaz à faible teneur en H_2S (<0,01 mol/kmol), pour lesquelles des relevés de DERF sont exigés trois fois par année. Ainsi, les CE de Politique 1 sont utilisés à toutes les installations de l'Alberta, sauf dans le sous-ensemble des usines de gaz et les stations de compression, pour lesquelles les CE de Politique 3 sont utilisés. Enfin, le règlement de la Colombie-Britannique exige des relevés de DERF trois fois par année à la plupart des installations, et une fois par année aux installations de plus petite taille.

Les critères d'applicabilité des règlements fédéral et provinciaux ont servi à déterminer la proportion d'installations suivant chacun des scénarios de DERF dans les années après l'entrée en vigueur des règlements. Ces proportions représentent les fractions d'installations de chaque sous-type qui devraient exécuter des programmes de DERF conformément aux règlements (c.-à-d. la fraction d'installations associée à chaque scénario de DERF). Bien que les règlements peuvent exiger des fréquences de DERF annuelles, les rapports annuels présentés à ECCC dans le cadre des accords d'équivalence fédéraux-provinciaux montrent des taux de conformité réels inférieurs à 100 % (AEPA, 2022; BCOGC, 2022c). Pour intégrer un degré réaliste de non-conformité des exploitants, l'information contenue dans ces rapports et les informations équivalentes publiées dans le document ST60B de l'AER (AER, 2000) ont été utilisées pour calculer ou ajuster les proportions de DERF, lorsqu'il était possible de le faire (ECCC, 2026).

Pour obtenir la liste complète de la proportion des installations de chaque sous-type affectée à chacun des scénarios de DERF, par année et par région, consultez le document sur la méthodologie du MEF (ECCC, 2026).

Tableau A3.2–14 **Coefficients d'émissions provenant des joints d'étanchéité de compresseurs**

Type de compresseur du MEF	Scénario de fréquence de remplacement des joints	Coefficient d'émissions (m^3/h)[a]
Alternatif	30 mois	0,65
Alternatif	60 mois	1,17
Centrifuge – étanchéité à l'huile	S.O.	14,25
Centrifuge – étanchéité à sec	S.O.	6,34

Notes :
S.O. = sans objet
Les coefficients d'émissions des compresseurs alternatifs correspondent au débit par joint d'étanchéité, alors que ceux des compresseurs centrifuges correspondent au débit par compresseur.
a. Les coefficients d'émissions des compresseurs alternatifs sont adaptés de Carbon Limits (2017) et ceux des compresseurs centrifuges, d'API (2017).

Tableau A3.2–15 **Coefficients d'émissions associés aux fuites fugitives provenant de l'équipement selon le scénario de DERF**

Type de produit	Type de service	Type de composante	Coefficients d'émissions selon le scénario de DERF (g HT/h)					
			Aucune DERF[a]	Mesure industrielle 1[b]	Mesure industrielle 2[b]	Politique 1[b]	Politique 2[b]	Politique 3[b]
Gaz naturel	Gaz de procédé	Connecteur	0,820	0,635	0,567	0,513	0,267	0,185
		Valve	2,810	1,042	0,690	0,603	0,314	0,218
		CO	467,000	120,210	75,960	66,249	35,764	25,082
		SS	17,000	2,400	1,485	1,287	0,671	0,465
		Vanne de commande	16,200	4,604	2,830	2,452	1,285	0,892
		Appareil de mesure	3,270	2,614	1,758	1,535	0,806	0,560
		Joint d'étanchéité de pompe	23,200	3,862	2,405	2,086	1,099	0,765
		Régulateur	8,110	1,650	1,173	1,033	0,539	0,374
	Liquide de procédé	Connecteur	0,550	0,111	0,106	0,098	0,051	0,035
		Valve	3,520	0,651	0,640	0,583	0,304	0,211
		Co[c]	467,000	120,210	75,960	66,249	35,764	25,082
		SS[c]	17,000	2,400	1,485	1,287	0,671	0,465
		Vanne de commande[c]	16,200	4,604	2,830	2,452	1,285	0,892
		Appareil de mesure[c]	3,270	2,614	1,758	1,535	0,806	0,560
		Joint d'étanchéité de pompe[c]	23,200	3,862	2,405	2,086	1,099	0,765
		Régulateur[c]	8,110	1,650	1,173	1,033	0,539	0,374
Pétrole brut	Gaz de procédé	Connecteur	2,460	0,443	0,334	0,297	0,155	0,107
		Valve	1,510	0,199	0,143	0,126	0,066	0,045
		CO	308,000	16,874	10,696	9,294	4,877	3,387
		SS	16,300	11,318	6,797	5,872	3,065	2,125
		Vanne de commande	14,600	11,842	7,305	6,347	3,381	2,360
		Appareil de mesure	1,300	1,042	0,810	0,720	0,375	0,260
		Joint d'étanchéité de pompe	35,880	28,702	17,514	15,184	8,028	5,590
		Régulateur	6,680	1,880	1,309	1,150	0,600	0,416
	Liquide de procédé	Connecteur	0,190	0,110	0,106	0,096	0,050	0,035
		Valve	1,210	0,688	0,590	0,531	0,276	0,192
		CO[c]	308,000	16,874	10,696	9,294	4,877	3,387
		SS[c]	16,300	11,318	6,797	5,872	3,065	2,125
		Vanne de commande[c]	14,600	11,842	7,305	6,347	3,381	2,360
		Appareil de mesure[c]	1,300	1,042	0,810	0,720	0,375	0,260
		Joint d'étanchéité de pompe[c]	35,880	28,702	17,514	15,184	8,028	5,590
		Régulateur[c]	6,680	1,880	1,309	1,150	0,600	0,416

Notes :
DERF = détection et réparation des fuites; HT = hydrocarbures totaux; SS = soupape de surpression; CO = conduite ouverte
a. ACPP (2005a)
b. Élaboré à l'interne par la Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement (DPGER) d'ECCC à partir de données ou de renseignements de l'ACPP (2005a; 2014), de Clearstone (2018, 2019) et de Cap-Op Energy (2019).
c. Le coefficient d'émissions est présumé être le même que pour une composante équivalente en service pour des gaz de procédé.

Tableau A3.2–16 **Fréquence des activités de DERF selon le scénario**

Scénario de DERF	Fréquence de DERF (mois)
Aucune DERF	aucun programme formel de DERF
Mesure industrielle 1	24
Mesure industrielle 2	16
Politique 1	12
Politique 2	6
Politique 3	4

Note :
DERF = détection et réparation des fuites

Équation A3.2–14

$$Emis_{i,j,k,l,m} = \frac{NI_{j,k} \times CPI_{j,k,l} \times DERF_{j,k,m} \times CE_{l,m} \times x_i \times 8\,760}{HT_k \times 10^9}$$

$Emis_{i,j,k,l,m}$	=	Émissions de l'espèce de gaz i, pour le type d'installation j, le type de produit k et les composantes l, selon le scénario de DERF m (kt)
$NI_{j,k}$	=	Nombre d'installations de type j pour le type de produit k
$CPI_{j,k,l}$	=	Nombre de composantes l, par type d'installation j et type de produit k
$DERF_{j,k,m}$	=	Proportion du type d'installation j suivant le scénario de DERF m pour le type de produit k
$CE_{l,m}$	=	Coefficient d'émissions de la composante l selon le scénario de DERF m (g HT/h)
x_i	=	Fraction massique de l'espèce de gaz i
HT_k	=	Fraction massique d'hydrocarbures totaux (HT) pour le type de produit k (g HT/g gaz total)
$8\,760$	=	Nombre d'heures dans une année civile (24 h/jour × 365 jours/an)
10^9	=	Nombre de grammes par kt

Le MEF utilise également les données de composition de l'étude EERL (voir la section A3.2.2.1.2) pour déterminer les émissions de CO_2 et de CH_4 provenant des appareils pneumatiques, des joints d'étanchéité de compresseurs et des fuites d'équipement. En ce qui concerne la période à partir de 2010, pour laquelle des données détaillées de comptabilisation de la production en Alberta sont disponibles, les données de composition du gaz par canton et le dénombrement des installations par canton sont utilisés pour estimer les émissions. Toutefois, comme les données nécessaires pour déterminer le nombre d'installations par canton albertain ne sont pas disponibles pour la période de 1990 à 2009, les compositions moyennes du gaz naturel, calculées à partir des données de l'étude EERL et présentées au Tableau A3.2–17, sont utilisées.

Pour la Saskatchewan, les données de composition des gaz ventilées selon la catégorie de production (SK MER, 2021), qui sont présentées dans le Tableau A3.2–10, ont été utilisées. Pour ce faire, les nombres d'installations et de puits par catégorie de production ont été obtenus à partir des données de Petrinex à compter de 2013, et extrapolés de façon rétrospective pour la période 1990–2012.

Les données sur la composition des gaz propres aux emplacements obtenues pour la Colombie-Britannique montrées à la Figure A3.2–6 ont servi à modéliser les émissions par bloc ou canton à partir de 2019. Les émissions de 1990 à 2018 ont été estimées à l'aide de la composition des gaz pondérée par la production annuelle pour toute la province.

Une analyse détaillée des données de composition des gaz comme celle réalisée pour l'Alberta dans l'étude EERL n'a pas été faite pour le Manitoba. À la place des données propres à la province, des compositions moyennes ont été établies. Toutes celles utilisées dans le MEF sont résumées dans le Tableau A3.2–17.

Pour obtenir une description complète de la méthode, des sources de données, des CE et des paramètres utilisés dans le MEF, consulter le document sur la méthodologie du MEF (ECCC, 2026).

Tableau A3.2–17 **Compositions moyennes du gaz naturel utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont**

Province	Type de produit du MEF	CH_4	CO_2	H_2S	C_2H_6	COV	Densité (kg/m³)
		Pourcentage de la masse					
AB	Tous les types de gaz	73,32	2,86	1,25	10,00	10,48	0,8016
	PPFLS	91,56	2,12	0,00	1,66	0,90	0,7096
	Traitement du gaz	72,25	2,88	0,14	11,14	11,89	0,8089
	Pétrole lourd	89,44	6,62	0,02	1,06	1,60	0,7252
	Pétrole léger/moyen	67,33	2,53	0,69	11,01	15,67	0,8393
MB	Pétrole léger/moyen	78,89	0,97	0,01	4,24	10,97	0,7745

Note :
PPFLS = Production à froid de pétrole lourd avec sable

A3.2.2.1.4. Évacuation de gaz par le tubage de surface

Méthodologie

Les émissions attribuables à l'évacuation de gaz par le tubage de surface (ETS) dans les provinces de l'Alberta et de la Colombie-Britannique sont modélisées plutôt qu'extrapolées à partir de l'étude de l'ACPP (ACPP, 2005a) et du rapport technique sur le PGA (EC, 2014), comme décrit à la section A3.2.2.1.1. Les deux provinces ont mis en place des mesures réglementaires (EUB, 2003; BC, 2021) qui dictent la manière dont les exploitants de puits sur leur territoire doivent détecter, déclarer et résoudre les situations d'ETS. Les données de déclaration recueillies par l'Alberta (AER, s.d. [e]) et la Colombie-Britannique (BCER, s.d. [f]) sont utilisées pour mieux tenir compte de la variabilité de cette source d'émissions selon l'emplacement et le sous-secteur industriel.

La méthodologie décrite à la section A3.2.2.1.1 s'applique à l'ensemble des autres provinces et territoires où se déroulent des activités d'extraction de pétrole et de gaz terrestres.

Données sur les activités

Les données d'ETS recueillies en Alberta et en Colombie-Britannique sont accessibles au public (AER, s.d. [e]; BCER, s.d. [f]). L'information contenue dans ces rapports permet de modéliser les émissions annuelles attribuables à l'ETS. Même si la réglementation relative à la réparation d'ETS est entrée en vigueur en 2003 en Alberta et en 2010 en Colombie-Britannique, les bases de données provinciales comprennent des entrées sur des cas de détection d'évacuation de gaz qui remontent à avant 1990 en Alberta et à 1993 en Colombie-Britannique. Ces données permettent, lorsqu'elles sont combinées à d'autres renseignements pertinents sur les puits (Petrinex, s.d. [e]; BCER, s.d. [g]; [h]), de produire des estimations d'émission pour l'ensemble de la série chronologique.

Dans les deux règlements, celui de l'Alberta et celui de la Colombie-Britannique, l'échéance de résolution des cas détectés d'ETS dépend de leur gravité, soit « majeure » (*serious*) ou « mineure » (*nonserious*). La définition de ce qui constitue une ETS majeure est la même dans les deux provinces, et elle s'applique si au moins l'un des critères présentés au Tableau A3.2–18 est observé à un puits. Le Tableau A3.2–18 résume également les autres aspects des exigences provinciales utilisés dans l'estimation des émissions.

Déterminer à quel moment une ETS s'est produite, de même que sa durée, est un aspect important de la méthode qui nécessite plusieurs éléments d'information. Dans le cas de l'Alberta, la durée est déterminée à partir des données du rapport sur l'ETS et la migration des gaz (*Well Vent Flow/Gas Migration Report* : AER, 2024e), ainsi que le rapport sur les infrastructures de puits (*Well Infrastructure Report*) du système de déclaration de Petrinex (Petrinex, 2024e). Un procédé semblable est utilisé en Colombie-Britannique, où les rapports sur les puits avec ETS sont mis en correspondance avec le répertoire des puits (*Well Index*) et la base de données sur l'abandon des puits (*Well Surface Abandonment*), rendus accessibles par le BCER (s.d. [g], [h]). Le Tableau A3.2–19 met en évidence l'information requise de chacune des sources de données.

Lorsque ces dates importantes, de même que l'état du puits et la résolution, sont connues pour une évacuation de gaz qui a été signalée, la durée d'évacuation est estimée directement. L'interprétation des dates de signalement, de résolution et de changement d'état du puits dans les entrées demande de poser certaines hypothèses qui dépendent des exigences réglementaires dans chacune des provinces, puisque celles-ci sont actuellement les meilleures sources d'information sur les pratiques d'atténuation de l'ETS. Ces hypothèses de simplification sont présentées dans le Tableau A3.2–20.

Tableau A3.2–18 **Exigences provinciales relatives à la détection, au signalement et à la réparation des situations d'évacuation de gaz par le tubage de surface**

Aspect du règlement	Alberta	Colombie-Britannique
Titre du règlement	Interim Directive ID 2003-01	B.C. Reg. 282/2010 – Drilling and Production Regulation
Exigences relatives aux tests de détection	• Dans les 90 jours suivant le retrait de l'appareil de forage • Chaque année pendant cinq ans après une détection	• Au moment du retrait de l'appareil de forage, ou immédiatement après toute complétion subséquente • Dans le cadre de l'entretien systématique tout au long de la vie du puits • Avant la suspension de l'exploitation du puits, son abandon ou le transfert de permis pour son exploitation
Définition d'une ETS majeure	Une ETS est majeure si elle remplit au moins un des critères suivants : • présence de sulfure d'hydrogène (H_2S) • débit de gaz supérieur ou égal à 300 mètres cubes par jour (m^3/jour) • pression statique du puits fermé supérieure à la moitié de la pression de fuite de la formation au sabot du tubage de surface, ou à 11 kPa/m multiplié par la profondeur du tubage • présence d'évacuation d'hydrocarbures liquides (pétrole) • évacuation de gaz produite en raison de la rupture d'un joint d'étanchéité de la tête de puits ou du tubage • présence d'évacuation d'eau, si l'eau contient des substances susceptibles de contaminer le sol ou les eaux souterraines • une zone d'eau utilisable n'est pas couverte d'un tubage cimenté • l'évacuation de gaz présente un risque d'incendie, ou un danger pour la sécurité publique ou l'environnement	
Exigences relatives au signalement	• Dans les 30 jours suivant la détection • Les résultats de tests annuels ne sont pas déclarés	**Majeure** : immédiatement après la découverte **Mineure** : dans les 30 jours suivant la découverte • les résultats de tests de routine sont déclarés
Exigences relatives à la réparation	**Majeure** : dans les 90 jours suivant la découverte **Mineure** : avant l'abandon du puits	**Majeure** : « immédiatement » après la découverte **Mineure** : avant l'abandon du puits

Tableau A3.2–19 **Renseignements clés extraits des sources de données sur l'évacuation de gaz par le tubage de surface**

Province	Nom de la source de données	Renseignements clés
AB	AER Vent Flow and Gas Migration Report	Date de signalement, date de résolution, résolution déclarée, classification (majeure ou mineure)
	Well Infrastructure Report (de Petrinex)	Date de fin du forage, état du puits (actif, abandonné, etc.), date de changement d'état du puits
BC	BCER BIL 185 – Surface Casing Vent Flow DataBase (BCOGC-2883)	Date de test, classification (majeure ou mineure), code d'état du puits (actif, abandonné, etc.)
	BCER Well Index Report (BCOGC-2555)	Date de retrait de l'appareil de forage, date de la dernière production
	BCER Well Surface Abandonment Report (BCOGC-41437)	Date d'abandon (le cas échéant)

Tableau A3.2–20 **Hypothèses fondées sur les exigences réglementaires pour différents scénarios de signalement des évacuations de gaz par le tubage de surface**

Province	Scénario	Hypothèses par classe d'évacuation par les tubages de surface	
		Majeure	Mineure
AB	Date de signalement antérieure à la date de résolution	L'ETS débute 90 jours avant la date de signalement et se termine à la date de résolution	L'ETS débute à la date de fin du forage, et se termine à la date de résolution OU à la date d'abandon OU est toujours en cours (si la fuite n'est pas colmatée ou si le puits n'est pas abandonné)
	Date de signalement identique à la date de résolution		
	Date de signalement ultérieure à la date de résolution	L'ETS débute 90 jours avant la date de résolution	L'ETS débute à la date de fin du forage
	Le puits est à l'état «abandonné» à la date de test	L'ETS débute à la date d'abandon et se termine à la date de résolution	S.O.
	Aucune résolution déclarée	L'ETS se termine 90 jours après la date de signalement	L'ETS est toujours en cours
BC	Date de test antérieure à la date de retrait de l'appareil de forage	L'ETS débute à la date de test, et se termine à la date de réparation	L'ETS débute à la date de retrait de l'appareil de forage et se termine à la date d'abandon OU à la date de réparation OU est toujours en cours
	L'état du puits est «abandonné» à la date de test	L'ETS débute à la date d'abandon et se termine à la date de réparation	
	Autre	L'ETS débute à la date de retrait de l'appareil de forage, et se termine à la date de réparation	

Note :
En Colombie-Britannique, la date de réparation correspond à la date du test subséquent déclaré pour lequel le débit de fuite est de zéro. Si aucun autre test n'a été déclaré, la date de réparation est présumée correspondre aux exigences du règlement 282/2010 de la Colombie-Britannique.

Coefficients d'émissions

Les débits d'évacuation par le tubage de surface déclarés sont comptabilisés sur toute la durée estimée de chaque entrée des bases de données provinciales. Alors que les données de l'AER ne contiennent qu'une entrée par événement, celles du BCER contiennent des entrées sur les tests de suivi aux puits où une ETS a été détectée, ce qui signifie que chaque source tient compte de tous les changements signalés au fil du temps, que ces changements soient le résultat d'une tentative de réparation ou de fluctuations naturelles du débit d'évacuation. Dans les cas où une ETS a été signalée sans que le débit soit précisé, un débit moyen, qui est fonction de l'emplacement (sous-région de l'AER en Alberta, ensemble de la province en Colombie-Britannique) et de la gravité déclarée (majeure ou mineure) est appliqué.

Puisque la composition du gaz naturel émis dépend de l'emplacement de la source, les renseignements géographiques sont également pris en compte. Les compositions de gaz tirées de Tyner et Johnson (2020) sont assignées aux débits d'évacuation par le tubage de surface déclarés de la même manière que celle décrite à la section A3.2.2.1.3 pour les sources fugitives. En Alberta, les compositions propres au canton sont utilisées, alors que ce sont les valeurs propres aux emplacements obtenues des données provinciales (BCER, s.d. [c]); [d]) et présentées à la Figure A3.2–7 qui servent à estimer la composition des puits en Colombie-Britannique. Même si le gaz naturel évacué par le tubage de surface peut provenir de formations différentes de celles qui sont exploitées par les puits, les données de composition des gaz de Tyner et Johnson (2020) constituent encore l'information propre à l'emplacement la plus complète actuellement disponible à ECCC. Ces limites valent également pour les compositions pondérées par la production employées pour la Colombie-Britannique, obtenues de façon semblable. Si de nouvelles données plus représentatives de l'ETS au Canada devenaient disponibles, la méthode est conçue pour qu'elles puissent être facilement adoptées.

Les émissions liées à l'ETS sont affectées au bon sous-secteur de production pétrolière et gazière au moyen des renseignements détaillés sur les puits contenus dans les bases de données de Petrinex (s.d. [e]) et du BCER (s.d. [f]). Comme pour les dates importantes, les bases de données provinciales sur l'évacuation de gaz sont mises en correspondance avec ces sources de données pour en extraire les catégorisations de puits nécessaires. Selon l'information disponible, soit le sous-type d'installation, soit le type de production, soit la densité du fluide de production sont utilisés pour affecter les émissions de chacun des puits au sous-secteur industriel approprié, à savoir la production de gaz naturel, la production de pétrole léger ou moyen, la production à froid de pétrole brut lourd, ou la production thermique de pétrole brut lourd.

Les émissions annuelles de CH_4 et de CO_2 liées à l'ETS dans les puits individuels sont calculées directement au moyen de l'Équation A3.2–15.

Équation A3.2–15

$$Emis_{i.w} = y_{i.t} \times \rho_{i.t} \times DF_w \times JF_w$$

$Emis_{i.w}$ = Émissions liées à l'ETS pour le composé i et le puits w
$y_{i.t}$ = Fraction molaire du composé i à l'emplacement t
$\rho_{i.t}$ = Densité (kg/m^3) du composé i à l'emplacement t
DF_w = Débit de fuite par le tubage de surface (m^3/jour) au puits w
JF_w = Nombre de jours par année durant lesquels des fuites se produisent au puits w

A3.2.2.1.5. Mesures aériennes du méthane de source déterminée

L'Energy and Emissions Research Laboratory (EERL) de l'Université Carleton a publié des inventaires détaillés des émissions de CH_4 pour le secteur du PGA en 2021 pour l'Alberta (Conrad et al., 2023a) et la Colombie-Britannique (Johnson et al., 2023) et en 2020 et 2021 pour la Saskatchewan (Conrad et al., 2023b). Dans le cadre d'une entente informelle sur l'échange de données, EERL transmet à ECCC les plus récentes données à mesure que ECCC effectue les nouveaux inventaires annuels et révise les précédents.

Méthodologie du relevé aérien

L'approche de l'EERL est fondée sur des mesures aériennes et sur le protocole décrit dans Johnson et al. (2023). Ce protocole utilise une technologie LiDAR (détection et télémétrie par ondes lumineuses) de cartographie des gaz (LCG) montée à bord d'un aéronef volant à basse altitude pour identifier les sources d'émissions de CH_4 dans les installations PGA. Bridger Photonics conduit les aéronefs et l'équipement LCG servant à effectuer les campagnes de mesure. Les panaches de CH_4 observés à l'aide de la technologie LCG sont quantifiés sous forme de taux d'émission en fonction de la masse et attribués à un équipement particulier au moyen d'images et de plans d'installation à haute résolution et géolocalisés. La résolution au niveau de la source de cette approche signifie que les émissions peuvent être quantifiées sans qu'il soit nécessaire de soustraire les émissions de fond provenant de l'agriculture, des sites d'enfouissement ou des sources non anthropiques (Johnson et al., 2023).

Afin d'élaborer des inventaires complets pour le secteur du PGA, l'EERL a planifié ses campagnes de mesures aériennes de manière à couvrir un vaste échantillon d'installations et de puits actifs dans chaque région à l'étude. Les sites choisis pour les mesures ont permis de recueillir des échantillons représentatifs de la taille, du sous-type et de l'emplacement des installations pour tenir compte de l'hétérogénéité du secteur du PGA au Canada. Les mesures ont été répétées aux sites échantillonnés afin de saisir la variabilité temporelle et de déterminer les limites de détection de la technologie sous différentes conditions atmosphériques (Johnson et al., 2023). Les résultats de tous les vols ont ensuite été regroupés pour fournir des estimations annuelles des émissions fondées sur des mesures pour les types d'installations pertinents, regroupées par sous-type en fonction d'attributs communs (Conrad et al., 2023a, 2023b; Johnson et al., 2023).

Le Tableau A3.2–21 résume les campagnes de mesures LCG effectuées par EERL. Les relevés aériens sont parvenus à un degré de couverture qui excède largement celui des études sur le terrain communes, qui en général couvrent des dizaines d'installations au cours d'une campagne et dans lesquelles un site donné n'est visité qu'une seule fois. Quant aux relevés terrestres, ils sont restreints par l'accès limité aux sites, les coûts et les ressources humaines.

Tableau A3.2–21 **Précisions sur les relevés de mesures aériennes**

Province	Année du relevé	Population estimée		Taille d'échantillon de l'EERL		Couverture		Référence
		Installations actives	Puits actifs	Installations actives	Puits actifs	Installations actives	Puits actifs	
AB	2021	21 785	133 017	3 415	5 205	16 %	4 %	Conrad et al. (2023a)
	2023	21 761	131 963	11 395	16 438	52 %	13 %	EERL (2025)
	2024	21 140	130 167	11 445	16 891	54 %	13 %	
SK	2020	11 625	36 320	2 351	1 832	20 %	5 %	Conrad et al. (2023b)
	2021	11 818	32 588	3 104	1 865	26 %	6 %	
	2023	11 511	37 063	5 166	5 496	45 %	15 %	EERL (2025)
	2024	11 419	37 044	4 031	3 759	35 %	10 %	
BC	2021	950	8 672	581	705	61 %	8 %	Johnson et al. (2023)
	2023	912	8 608	685	4 499	75 %	52 %	EERL (2025)
	2024	880	8 625	703	4 834	80 %	56 %	

Questions en lien avec l'incertitude

La quantification des incertitudes est cruciale à la méthode de EERL quant aux inventaires de CH_4 fondés sur des mesures. Johnson et al. (2023) établissent les principaux facteurs contribuant à l'incertitude associée aux estimations aériennes LCG de CH_4. De manière générale, ces facteurs sont :

- **la couverture** : les installations ayant fait l'objet d'un relevé constituent un échantillon représentatif de la population de chaque province ou région de production infraprovinciale; pour tous les types d'installations, à l'intérieur d'une province, des régions de production distinctes sont représentées dans l'échantillon;
- **l'erreur de mesure** : les erreurs sur l'exactitude et la précision dues aux erreurs de calibration des technologies de mesure (exactitude), aux conditions météorologiques, aux techniques d'inversion et à d'autres facteurs;
- **le caractère fini de la sensibilité de détection** : la prise en compte des contributions mesurables et non mesurables à l'inventaire des émissions de CH_4.

Chacun de ces facteurs est pris en considération dans la conception de la méthodologie des relevés de EERL. Tel que noté dans la section précédente, EERL conçoit ses relevés de LCG de façon à couvrir les principales régions productrices de pétrole et de gaz dans chacune des provinces étudiées. Chaque province où des mesures aériennes ont été prises est assez hétérogène, mais l'Alberta, et dans une moindre mesure la Saskatchewan, posent des difficultés particulières en raison de la variété d'activités et des vastes superficies à couvrir. EERL a pu recueillir des mesures dans presque toutes les principales sous-régions pétrolières et gazières dans l'Ouest du Canada. Une couverture complète est pratiquement impossible étant donné les coûts importants et la logistique qu'elle nécessiterait. Cependant, lorsque des données provinciales à l'échelle des installations (c.-à-d. des données de Petrinex) existent, il est parfaitement concevable d'échantillonner un sous-ensemble représentatif du secteur du PGA lors d'une seule campagne à l'aide de LCG aérien (Johnson, 2025).

De plus, le caractère intermittent des rejets de CH_4 par le pétrole et le gaz contribue à l'incertitude liée aux mesures de l'inventaire. La couverte des mesures de EERL tend à résoudre ce problème, puisque les grands échantillons pallient l'incidence des rejets importants de courte durée (Johnson, 2025). Notamment, puisque le protocole de EERL voit l'aéronef de Bridger revisiter les sites où les émissions sont détectées, le caractère intermittent des rejets mesurés est également quantifié. Par ces visites supplémentaires, EERL tient compte de la persistance des rejets dans la production de ses estimations de CH_4 et des incertitudes connexes (Conrad et al., 2023c).

En outre, l'erreur de mesure et la sensibilité de détection finie sont prises en compte dans la méthode statistique de EERL. En partenariat avec Bridger Photonics, EERL a formulé des méthodes pour estimer l'exactitude et la précision de la technologie LCG lors de la quantification des panaches de CH_4 détectés, méthodes qui comprennent l'exploitation des résultats des rejets maîtrisés sélectifs et non sélectifs durant les relevés aériens (Conrad et al., 2023c). Ainsi, EERL établit la probabilité que des rejets de CH_4 soient détectés dans un site échantillonné selon le taux de rejet, l'altitude et la vitesse du vent près du niveau du sol. Puisque la probabilité de détection aux sites faisant l'objet d'un relevé est bien définie, EERL peut également estimer la contribution mesurable et non mesurable des sources non captées par les mesures de LCG, tel que discuté dans la prochaine sous-section.

La méthode de EERL élimine la variation entre les différentes configurations d'installations en regroupant les installations pétrolières et gazières en strates distinctes. EERL détermine ces strates à l'aide des sous-types d'installations telles que définies dans le système de déclaration de Petrinex pour chaque province. EERL regroupe les sous-types de Petrinex au besoin selon des caractéristiques communes aux installations. Par exemple, les usines de traitement des gaz traitant du gaz naturel corrosif et le déclarant à Petrinex dans les sous-types 402 (torchage de gaz corrosifs par l'usine de gaz <1 tonne/jour de soufre), 403 (torchage de gaz corrosifs par l'usine de gaz <1 tonne/jour de soufre), 404 (injection de gaz corrosifs par l'usine de gaz) et 405 (récupération du soufre par l'usine de gaz) sont regroupées dans la strate « usines de gaz (corrosifs) ». De façon semblable, les puits de pétrole et de gaz à l'extérieur du site sont regroupés en strates par type de production (gaz, pétrole brut, pétrole brut lourd) ou autres activités primaires (injection, etc.). En répartissant le secteur du pétrole et du gaz en amont dans ces catégories, EERL peut véritablement estimer le CH_4 selon des mesures du sous-ensemble des installations et des puits dans chaque strate, puis simplement faire la somme des estimations de chacune des strates pour produire un inventaire complet.

Inventaires du CH_4 de EERL

Les inventaires finaux de l'EERL comprennent à la fois des sources mesurées et non mesurées, ces dernières comprenant les sources inférieures à la limite de détection du LCG, telles que les fuites des appareils pneumatiques et d'équipement. Comme pour l'approche décrite à la section A3.2.2.1.3, l'EERL estime les émissions à l'aide d'une approche ascendante fondée sur le dénombrement des composants, des installations et des puits, et les CE (Johnson et al., 2023). Les émissions modélisées qui sont inférieures à la limite de détection du LCG pendant le relevé aérien (en tenant compte de la vitesse du vent, des taux d'émission, de la probabilité de détection, etc.) sont ajoutées aux estimations fondées sur des mesures afin de compléter l'inventaire final pour chaque groupe de sous-types d'installations ou de puits (Conrad et al., 2023a, 2023b; Johnson et al., 2023). Les inventaires de l'EERL comprennent des estimations pour les sources suivantes mesurées à l'aide de la technologie LCG : les bâtiments des compresseurs, les déshydrateurs, les torches/chambres de combustion (allumées), les torches/chambres de combustion non allumées, les appareils de chauffage, la tuyauterie, les génératrices, les séparateurs, les réservoirs, les têtes de puits, lesautres sources ainsi que les sources inconnues.

L'EERL a mené d'autres campagnes de mesure en 2023 et 2024. De plus, il a fourni directement à ECCC des estimations équivalentes de CH_4 résolues à la source pour ces années (EERL, 2025), estimations couvrant la Colombie-Britannique, l'Alberta et la Saskatchewan. De plus, les inventaires fondés sur des mesures de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique de 2020 et 2021 ont été révisés pour intégrer les modèles d'incertitude régionaux relatifs au vent, mieux rationaliser les strates en fonction des campagnes précédentes et mieux prendre en compte les sources détectées mais non quantifiées dans les données recueillies lors de visites multiples. Dans tous les cas, EERL a suivi le processus établi (Johnson et al., 2023) pour élaborer les inventaires provinciaux, les résultats étant présentés par sous-types d'installations groupées ou par type de puits pour chaque source d'émissions mesurée.

Méthodologie

La disponibilité d'estimations d'émission de CH_4 fiables et provenant de source déterminée pour les secteurs du PGA de l'Alberta, de la Colombie-Britannique et de la Saskatchewan dans la documentation publiée a permis d'intégrer des données liées aux mesures exhaustives aux estimations de l'inventaire.

Aperçu

Les estimations du CH_4 produites par EERL peuvent directement s'appliquer aux années où des mesures ont été prises, soit 2020 (SK seulement), 2021, 2023 et 2024. Toutefois, pour que la série chronologique soit uniforme, il faut estimer les émissions de la période de 1990 à 2020 (de 1990 à 2019 pour la SK) et de 2022. Pour ce faire, les émissions classées par sous-type d'installation et par source ont servi à obtenir les CE de toutes les provinces à l'aide de deux méthodes de substitution distinctes :

1. selon l'installation ou le puits (Méthode de dénombrement des installations);
2. selon l'activité volumétrique (Méthode des données sur les activités).

Les CE de ces méthodes ont été calculés respectivement à l'aide du dénombrement des installations et des données sur les activités de l'année où les émissions ont été mesurées, et pour tous les groupes de sous-types d'installations et de puits présents dans les inventaires de EERL fondés sur des mesures. Le choix de ces deux méthodes est en partie motivé par l'existence du dénombrement des installations et des données sur les activités (par ex. volumes de production, volumes de torchage) pour toute la série chronologique. Ensuite, la moyenne des résultats des deux méthodes est calculée pour produire les estimations finales de chacun des sous-types d'installations par source, et ce, pour toutes les années. La raison justifiant cette méthode adaptée est discutée en détail plus loin dans la présente section.

L'Équation A3.2–16 et l'Équation A3.2–17 présentent respectivement les formules employées dans la Méthode de dénombrement des installations et la Méthode des données sur les activités. Ces deux méthodes de substitution ont servi à estimer les émissions des sources aériennes pour toutes les années avant 2021 en Alberta et en Colombie-Britannique et avant 2020 en Saskatchewan (c.-à-d. le dénombrement des installations et les données sur les activités volumétriques annuels ont été multipliés par les CE obtenus dans le plus ancien inventaire publié de EERL). Pour 2022, les estimations ont été calculées par la méthode d'interpolation par calage décrite dans la section A3.2.2.1.1. Quant aux taux d'émission de 2022, ils ont été obtenus tel que défini dans l'Équation A3.2–6 à l'aide des deux méthodes, toujours selon l'Équation A3.2–16 et l'Équation A3.2–17, et à partir des estimations de EERL relatives aux années de référence 2021 et 2023. Cette démarche a donné deux estimations distinctes pour chaque source et sous-type pour 2022. Les estimations finales de chaque combinaison de sous-type et de source ont été calculées comme la moyenne des estimations par « calage » du Dénombrement des installations et de celles des Données sur les activités.

Équation A3.2–16

$$Emis_{DI,i,j,k,l} = \left(\frac{Emis_{ref_an,j,k,l}}{DI_{ref_an,j,k}}\right) \times DI_{i,j,k} = CE_{DI,j,k,l} \times DI_{i,j,k}$$

$Emis_{DI,i,j,k,l}$	=	émissions de CH_4 selon la Méthode de dénombrement des installations pour l'année i, la province j, le sous-type k et la source l
$Emis_{ref_an,j,k,l}$	=	émissions de CH_4 fondées sur des mesures de l'EERL pour l'année de référence, la province j, le sous-type k et la source l
$DI_{ref_an,j,k}$	=	dénombrement d'installations ou de puits pour l'année de référence, la province j et le sous-type k
$DI_{i,j,k}$	=	dénombrement d'installations ou de puits pour l'année i, la province j et le sous-type k
$CE_{DI,j,k,l}$	=	coefficient d'émission de la Méthode de dénombrement des installations pour la province j, le sous-type k et la source l

Équation A3.2–17

$$Emis_{DA,i,j,k,l} = \left(\frac{Emis_{ref_an,j,k,l}}{DA_{ref_an,j,k}}\right) \times DA_{i,j,k} = CE_{DA,j,k,l} \times DA_{i,j,k}$$

$Emis_{DA,i,j,k,l}$ = émissions de CH_4 selon la Méthode des données sur les activités pour l'année i, la province j, le sous-type k et la source l
$Emis_{ref_an,j,k,l}$ = émissions de CH_4 fondées sur des mesures de l'EERL pour l'année de référence, la province j, le sous-type k et la source l
$DA_{ref_an,j,k}$ = activité volumétrique pour l'année de référence, la province j et le sous-type k
$DA_{i,j,k}$ = activité volumétrique pour l'année i, la province j et le sous-type k
$CE_{DA,j,k,l}$ = coefficient d'émission de la Méthode des données sur les activités pour la province j, le sous-type k et la source l

Sélection des sources

Bien que l'EERL ait estimé les émissions annuelles de toutes les sources de CH_4 identifiées, des sources particulières ont été sélectionnées pour être intégrées aux estimations d'émission, pour lesquelles les mesures aériennes devraient mieux caractériser les émissions que ce qui était possible auparavant au moyen d'autres méthodes d'inventaire. Les sources sélectionnées sont énumérées dans le Tableau A3.2–22.

Pour sélectionner un sous-ensemble d'estimations du CH_4 fondées sur des mesures aériennes à la source, il importait de prendre en compte les limites des techniques servant à concevoir les méthodes « ascendantes » de Niveaux 2 et 3 liées aux émissions fugitives de pétrole et de gaz au Canada. En effet, bien que ces méthodes reposent également sur des procédures établies et des mesures sur le terrain, les limites techniques méthodologiques causent des problèmes d'exactitude. Par exemple, les volumes déclarés de gaz évacués aux sites de production de pétrole classiques reposent souvent sur des estimations de proportions gaz/pétrole fondées sur des mesures à l'équilibre. Cette méthode ne donne des résultats exacts que si les proportions gaz/pétrole mesurées sont à jour et ne fluctuent pas sensiblement durant la durée de vie productive du puits. En outre, les estimations des fuites d'équipement emploient les CE moyens calculés par des techniques d'analyse et de mesure exigeant que les techniciens aient accès à la source des fuites pour bien les détecter et les quantifier avec exactitude. En général, les équipements des installations pétrolières et gazières qui fuient sont inspectés à l'aide de caméras d'imagerie optique des gaz (IOG), caméras par lesquelles les composants au sol sont examinés à une distance de 1 à 2 mètres. Bien que l'examen par IOG détecte les fuites de façon fiable dans des conditions favorables, celles-ci ne s'avèrent pas toujours idéales. Par ailleurs, la distance d'examen augmente pour les composants en hauteur (Clearstone, 2019).

Certains aspects précis ont orienté la sélection de sources dans les inventaires de EERL sur le CH_4 :

- **Réservoirs** : en Amérique du Nord, dans le secteur du PGA, il a été montré que les réservoirs émettent du CH_4 à un taux supérieur à celui dans les inventaires ascendants classiques (Rutherford et al., 2021; Festa-Bianchet et al., 2023). En effet, avant que le RIN ne les adopte, les données de mesure de EERL suggéraient que les émissions étaient grandement sous-estimées dans les trois provinces de l'Ouest (par un facteur de 10 pour l'AB, de 9 pour la BC et de 7 pour la SK) en comparaison avec celles obtenues par des méthodes ascendantes classiques. En général, l'évacuation des réservoirs se base sur des estimations d'ingénierie et des modèles des pertes dues à la vaporisation instantanée des gaz en solution, ceux-ci étant rarement mesurés ou modélisés. Cette méthode s'est avérée propice à des erreurs d'exactitude dans l'Ouest du Canada, surtout aux sites de production de pétrole lourd à froid, où les proportions gaz/pétrole sont reconnues pour fluctuer, et où, dans bien des cas, des poches de gaz entraîné sont évacuées des réservoirs de production à des taux bien supérieurs à ceux prédits par les valeurs de gaz en solution à l'équilibre (Festa-Bianchet et al., 2023). En outre, dans les études sur le terrain au sol, l'accès aux réservoirs est limité, ce qui nuit à la quantification exacte des émissions, car les bouches d'aération, les trous d'échantillonnage et autres composants susceptibles de fuir se trouvent souvent plusieurs mètres au-dessus des techniciens sur le terrain. Vu ces difficultés, ECCC a déterminé qu'en ce qui concerne les réservoirs, l'adoption d'une méthode fondée sur des mesures aériennes rendrait l'inventaire plus exact.

Tableau A3.2–22 **Données des mesures aériennes intégrées aux émissions fugitives de CH_4**

Province	Sources intégrées	Année(s)	Référence
BC	Bâtiments des compresseurs Réservoirs Torches non allumées	2021	Johnson et al. (2023)[a]
		2023, 2024	EERL (2025)
AB	Bâtiments des compresseurs Hangars à moteurs Réservoirs Torches/Chambres de combustion non allumées	2021	Conrad et al. (2023a)
		2023, 2024	EERL (2025)
SK	Bâtiments des compresseurs Hangars à moteurs Réservoirs Torches/Chambres de combustion non allumées Têtes de puits	2020, 2021	Conrad et al. (2023b)[a]
		2023, 2024	EERL (2025)

Note :
a. Estimations révisées par l'EERL et transmises à ECCC (EERL, 2025) pour refléter des améliorations méthodologiques, principalement l'utilisation de données météorologiques plus précises.

- **Émissions fugitives des bâtiments des compresseurs** : il s'agit d'une source importante dans les inventaires de EERL. Des émissions sont évacuées par le garnissage et le tubage des tiges de compresseurs, émissions significativement moindres lorsque modélisées que lorsque mesurées par la LCG aérienne. De plus, ces émissions reposaient sur des CE obtenus à partir des spécifications des fabricants ou d'études sur le terrain au sol. Au Canada, puisqu'en général les compresseurs se trouvent dans des bâtiments, il est difficile de distinguer les émissions issues de la combustion des émissions fugitives ou évacuées. L'examen par IOG et les appareils de mesure sur le terrain (comme les échantillonneurs à haut débit) ne peuvent quantifier le méthane dégagé en même temps que d'autres polluants dans l'échappement de combustion à chaud, alors que ce gaz est facile à détecter et à quantifier par la LCG aérienne. Bref, il existe un écart entre les émissions descendantes mesurées et les émissions ascendantes estimées de cette source, et la répartition exacte des émissions fugitives entre la combustion et les compresseurs pose problème. Étant donné ces difficultés, ECCC a déterminé que l'estimation par des mesures aériennes était la plus exacte des méthodes.
- **Hangars à moteurs** : une autre source importante de CH_4 dans les inventaires de EERL, surtout aux sites de production à froid de pétrole lourd. Pour les hangars à moteurs, des difficultés semblables à celles des bâtiments de compresseurs se posent : comment quantifier et répartir l'échappement de combustion sortant des bouches d'aération et les fuites fugitives ? Festa-Bianchet et al. (2023) ont montré qu'il existe des écarts significatifs entre les évacuations déclarées et mesurées de CH_4 aux sites de production de pétrole lourd à froid, révélant ainsi que les méthodes d'inventaire classiques ne caractérisaient pas bien les émissions des équipements et composants normalement situées dans les hangars à moteurs.
- **Torches et chambres de combustion non allumées** : les torches non allumées n'étaient pas incluses comme catégorie de sources avant l'adoption des émissions de CH_4 fondées sur des mesures. L'existence d'émissions provenant des torches et des chambres de combustion non allumées au Canada ayant été prouvée empiriquement et scientifiquement (Conrad et al., 2023a, 2023b; Johnson et al., 2023), les données de EERL pour cette source ont été ajoutées à la méthodologie de l'inventaire pour rendre ce dernier plus exhaustif.
- **Têtes de puits (SK)** : comparées aux estimations précédentes d'ECCC sur les émissions des têtes de puits (fuites d'équipements modélisées aux sites de puits et estimations liées aux ETS), les estimations de EERL pour 2020 et 2021 étaient de moins que la moitié par rapport à celles avant l'adoption de la méthode fondée sur des mesures. Auparavant, les estimations liées au CH_4 provenant de l'ETS pour la Saskatchewan se basaient sur des données concernant l'Alberta. Des experts du gouvernement de la Saskatchewan ont souligné qu'il s'agissait d'un problème, car l'ETS a une incidence moindre dans la province. Par conséquent, les émissions de CH_4 des têtes de puits estimées par EERL ont été intégrées pour résoudre ce problème d'exactitude.

Il a été déterminé que les réservoirs, les bâtiments des compresseurs et les torches non allumées constituaient des contributions importantes à l'écart de longue date entre les estimations de CH_4 ascendantes et les estimations descendantes fondées sur des mesures en Colombie-Britannique (Tyner et Johnson, 2021). De plus, les mesures ciblées visant à réduire le CH_4 en vertu des lois provinciales mises en vigueur pour la première fois en 2020 étaient censées peu affecter les cinq sources sélectionnées dans les inventaires fondés sur des données aériennes à des fins d'intégration au Rapport d'inventaire national (RIN) (AB, 2018–; BC, s.d. [b]; SK, s.d.). Compte tenu de ce qui précède, le EERL est censé mieux quantifier le CH_4 issu des sources sélectionnées, ce qui rendra le RIN plus exact dans son ensemble. Cette sélection ne signifie pas que les estimations de EERL pour les autres sources ont été omises faute d'exactitude. Cependant, les sources sélectionnées sont celles qui influent le plus sur le niveau global des émissions, donc elles sont complémentaires aux autres méthodes de l'inventaire, car faciles à intégrer parallèlement aux estimations ascendantes tout en permettant d'éviter le chevauchement. De ce fait, ces sources comptent pour 40 %, 46 % et 81 % des émissions totales de CH_4 dans les inventaires de 2023 de EERL respectivement en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan. Ces proportions illustrent l'importance relative de ces sources pour la quantification des émissions totales de CH_4 provenant du secteur du PGA.

Intégration des sources fondées sur des mesures aériennes à d'autres estimations

Les estimations d'émission de CH_4 fondées sur des mesures aériennes remplacent les autres estimations du secteur du PGA ou sont rapprochées avec celles-ci, afin d'éviter, dans la mesure du possible, la double comptabilisation compte tenu des renseignements disponibles. Les émissions de CH_4 provenant de la combustion fixe sont estimées séparément (comme il est décrit à l'Annexe 3.1) et retirées de l'estimation au niveau de la source pour les bâtiments des compresseurs, car les CE fondés sur des mesures comprennent à la fois les émissions fugitives et les émissions de combustion de CH_4. De même, les estimations ascendantes des émissions issues des pertes durant le stockage en réservoir sont éliminées, ainsi que les fuites d'équipement associées aux réservoirs. Les sources fugitives « ascendantes » rapprochées avec des estimations fondées sur des mesures aériennes « descendantes », ou remplacées directement par celles-ci, sont décrites dans le Tableau A3.2–23.

Dans le cas des torches non allumées, les émissions en fonction de la masse sont converties en volume de gaz à l'aide des données de composition et des densités décrites à la section A3.2.2.1.2. Le volume de gaz émit par les torches non allumées est soustrait du volume de gaz brûlé par torchage, le volume ainsi obtenu étant utilisé pour estimer les émissions par torchage pour tous les GES, comme il est indiqué à la section A3.2.2.1.2 pour l'Alberta et la Saskatchewan, et à la

section A3.2.2.1.1 pour la Colombie-Britannique. De même, les émissions de CO_2 provenant de l'évacuation involontaire par des torches ou des chambres de combustion non allumées sont calculées en fonction du volume de gaz émit par les torches non allumées. Cette étape permet également de limiter le volume de gaz évacué par les torches et les chambres de combustion non allumées afin qu'il ne dépasse pas les volumes de gaz brûlé par torchage déclarés.

Tableau A3.2–23 **Intégration des estimations « descendantes » et « ascendantes » de CH_4 fondées sur des mesures par source**

Sources mesurées	Intégration des sources de CH_4	
	Estimations incluses	Estimations « ascendantes » retirées
Bâtiments des compresseurs	Émissions totales de CH_4 mesurées, moins les émissions de CH_4 estimées à partir de la combustion du gaz naturel dans les compresseurs	Fuites fugitives provenant de l'équipement[a] Évacuation non déclarée – Joints d'étanchéité des compresseurs[a]
Hangars à moteurs	Émissions totales de CH_4 fondées sur des mesures	Fuites d'équipement[a]
Réservoirs	Émissions totales de CH_4 fondées sur des mesures	Fuites provenant de l'équipement[a] Pertes durant le stockage
Têtes de puits[b]	Émissions totales de CH_4 fondées sur des mesures	Fuites provenant de l'équipement[a] Évacuation de gaz par les tubages de surface

Note :
a. Comprend uniquement les estimations de CH_4 provenant des fuites de l'équipement pour la « source mesurée » correspondante.
b. Les estimations fondées sur des mesures pour les Têtes de puits sont incluses uniquement pour la Saskatchewan.

Données sur les activités

Par souci d'uniformité entre les méthodologies, les dénombrements des installations utilisés pour estimer les émissions fugitives provenant des fuites des appareils pneumatiques, des joints d'étanchéité de compresseurs et de l'équipement sont également utilisés dans la Méthode de dénombrement des installations (Équation A3.2–16) pour calculer les estimations annuelles des sources fondées sur des mesures. Les regroupements mineurs de sous-types d'installations utilisés dans les dénombrements d'installations existants du secteur du PGA pour la Colombie-Britannique, l'Alberta et la Saskatchewan permettent une harmonisation directe avec les regroupements de sous-types d'installations de l'EERL. Voir la section A3.2.2.1.3 pour des détails sur la manière dont les dénombrements annuels des installations et des puits sont compilés pour le secteur du PGA.

Les données sur les activités volumétriques utilisées dans la Méthode des données sur les activités (Équation A3.2–17) sont mises en correspondance avec la source appropriée en fonction de leurs caractéristiques et de celles du secteur du PGA responsable des émissions. La mise en correspondace des sources et des activités suit la même logique pour chacune des provinces, mais il peut y avoir de légères différences en fonction des types de données sur les activités disponibles. La mise en correspondance utilisée pour générer une série chronologique cohérente pour chaque source est indiquée dans le Tableau A3.2–24.

Des données annuelles complètes sur les activités volumétriques déclarées par les installations sont disponibles pour l'Alberta (2010 et par la suite) et pour la Saskatchewan (2013 et par la suite) à partir du système de déclaration de Petrinex (Petrinex 2024a, 2024b. Les données sur la production de pétrole brut, la production de gaz naturel, les arrivages de gaz et les volumes de torchage de Petrinex sont regroupées par sous-type d'installation déclarante, ce qui permet une harmonisation directe avec les estimations de CH_4 fondées sur les mesures provenant de l'EERL une fois les sous-types regroupés en conséquence. Pour les années antérieures pour lesquelles les données sur les activités au niveau du sous-type ne sont pas disponibles, les données sur les activités correspondantes au niveau du secteur sont utilisées pour extrapoler les données sur les activités au niveau du sous-type de façon rétrospective jusqu'en 1990. Cela permet de s'assurer que les données sur les activités extrapolées par sous-type concordent avec la totalité des données sur les activités annuelles connues. Les données sur les activités au niveau du secteur utilisées pour compléter la série chronologique sont extraites des sources énumérées dans le Tableau A3.2–6 afin de maintenir la cohérence entre les estimations fondées sur des mesures et d'autres sources fugitives.

L'année 2019 a été la première année complète de déclaration à Petrinex par les installations de la Colombie-Britannique, les changements de définition ultérieurs ayant eu lieu en 2020 (voir la section A3.2.2.1.6 pour plus de détails). Ainsi, les données sur les activités volumétriques au niveau du secteur sont utilisées pour estimer les émissions annuelles afin de s'assurer que les tendances des émissions au cours des années précédant immédiatement les études de mesure aériennes reflètent l'activité réelle du secteur du PGA en Colombie-Britannique, et non les artefacts des changements de déclaration qui peuvent avoir des impacts surdimensionnés lors de l'extrapolation au niveau des sous-types.

Tableau A3.2–24 **Mise en correspondance des données sur les activités volumétriques afin d'extrapoler les émissions aériennes de CH_4 fondées sur des mesures par source**

Province(s)	Secteur(s) de l'Industrie du PGA	Sources de l'EERL	Données sur les activités
AB et la SK	Production à froid de pétrole brut lourd, Production de pétrole brut léger/moyen	Réservoirs, Têtes de puits	Production de pétrole brut
		Bâtiments des compresseurs, Hangars à moteurs	Production de gaz naturel
		Torches/Chambres de combustion non allumées	Volumes de gaz torché déclarés
	Production de gaz naturel	Bâtiments des compresseurs, Réservoirs, Têtes de puits[a]	Production de gaz naturel
		Torches/Chambres de combustion non allumées	Volumes de gaz torché déclarés[b]
	Traitement du gaz naturel	Bâtiments des compresseurs Réservoirs	Arrivages de gaz
		Torches/Chambres de combustion non allumées	Volumes de gaz torché déclarés
BC	Production de pétrole brut léger/moyen	Bâtiments des compresseurs	Production de gaz naturel
		Réservoirs	Production de pétrole brut
		Torches non allumées	Volumes de gaz torché déclarés
	Production de gaz naturel	Bâtiments des compresseurs	Production de gaz naturel
		Réservoirs	Production de condensat de gaz naturel
		Torches éteintes	Volumes de gaz torché déclarés
	Traitement du gaz naturel	Bâtiments des compresseurs	Arrivages de gaz
		Réservoirs	Production de condensat de gaz naturel
		Torches non allumées	Volumes de gaz torché déclarés

Notes :
a. Les émissions des têtes de puits de l'EERL ont été incorporés pour la Saskatchewan seulement.
b. Les données pour les Torches/Chambres de combustion non allumées du secteur de la Production de gaz naturel de la Saskatchewan ont étés extrapolées en utilisant les volumes de gaz produits.

Coefficients d'émission

Les CE de CH_4 pour le sous-ensemble de sources énumérées dans le Tableau A3.2–22 ont été calculés pour chaque groupe de sous-types d'installations ou de puits inclus dans les estimations fondées sur des mesures pour la Colombie-Britannique, l'Alberta et la Saskatchewan. Les CE de la Méthode de dénombrement des installations reposent sur les émissions de CH_4 et le dénombrement des installations correspondantes estimés à l'interne par l'EERL pour l'année d'inventaire des mesures. Les dénombrements annuels des installations et des puits actifs à partir de 1990 ont été établis conformément à la section A3.2.2.1.3. Les CE de la Méthode des données sur les activités pour chaque province ont été calculés à l'aide des mêmes estimations de CH_4 regroupées par type d'installation et par source, mais ils ont été calculés à l'aide des valeurs des données sur les activités pour l'année d'inventaire, comme il est indiqué à l'Équation A3.2–17, et mis en correspondance tel que précisé dans le Tableau A3.2–24.

Les CE provinciaux obtenus ont servi à calculer les émissions fondées sur des mesures de façon rétrospective jusqu'en 1990. Ils sont montrés dans le Tableau A3.2–25 (Alberta), le Tableau A3.2–26 (Saskatchewan) et le Tableau A3.2–27 (Colombie-Britannique).

Justification de la méthode rétrospective

La méthodologie relative aux émissions de CH_4 fondées sur des mesures aériennes se sert d'une méthode adaptée pour produire une série chronologique cohérente. La Méthode de dénombrement des installations et la Méthode des données sur les activités sont considérées comme des méthodes de substitution telles que définies dans la section 5.3 du Chapitre 5 du Volume 1 des Lignes directrices du GIEC, section qui présente des méthodes possibles pour résoudre les lacunes dans les données pour parvenir à une série chronologique cohérente (GIEC, 2006). En présence de plusieurs ensembles de données sur les activités convenant à la méthode de substitution, il est suggéré dans les Lignes directrices la possibilité de comparer la force des corrélations des méthodes de substitution aux valeurs d'émissions connues, puis de sélectionner la méthode de substitution la plus corrélée avec les émissions. Cependant, les Lignes directrices reconnaissent également qu'il serait plus juste de mettre les émissions en lien avec plus d'un paramètre statistique que d'utiliser une seule méthode de substitution.

ECCC a comparé par régression linéaire la force de corrélation entre les données de substitution sélectionnées et les estimations de CH_4 fondées sur des mesures aériennes. Toutefois, il faut noter que cette comparaison est limitée. En effet, ECCC n'a pas accès aux données sur les processus ou les activités à la source pour les installations où des échantillons ont été prélevés lors des campagnes de EERL, de sorte qu'une analyse de régression des émissions mesurées selon l'activité à la source n'est pas possible. À la place, ECCC a comparé la force des corrélations entre les émissions annuelles de méthane par source et les données sur les activités volumétriques annuelles totales et le dénombrement des installations consolidées au niveau du sous-type par province. En tant que telle, cette analyse comparative est intrinsèquement limitée vu la nature des données mesurées et la nécessité de consolider les données de substitution existantes.

En outre, l'hétérogénéité du secteur pétrolier et gazier présente une difficulté supplémentaire : les installations diffèrent grandement dans leurs caractéristiques physiques, qu'il s'agisse de plateformes d'exploitation individuelles, de batteries à puits multiples plus complexes ou d'usines de traitement des gaz. Le dénombrement des installations et les données sur les activités des types d'installations varient par plusieurs ordres de grandeur. Lors des analyses de régression linéaire, le regroupement des émissions et des données de substitution selon la cartographie secteur-source-activité présentée au Tableau A3.2–24 atténuait en partie les effets de cette variation. Les données annuelles de substitution servant à cette analyse ont été prises en 2020 (pour la SK seulement) et en 2021, ce qui correspond aux estimations annuelles de CH_4 de EERL. L'analyse a traité chacune des estimations de CH_4 et des méthodes de substitution connexes (activité volumétrique ou dénombrement des installations au niveau du sous-type) comme des points de données individuels. L'objectif était de comparer directement la force de corrélation entre les émissions et les deux méthodes de substitution pour tous les groupements d'activités dans le Tableau A3.2–28 et le Tableau A3.2–29.

Tableau A3.2–25 **CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour l'Alberta**

Sources d'émission	Strate de l'EERL	Sous-type(s) correspondant(s) de Petrinex	CE dérivés d'ECCC		Dénominateur de CE dans les données sur les activités
			CE par nombre d'installations (tonnes de CH_4 / installation)	CE par données sur les activités (tonnes de CH_4 / DA)	
Bâtiments des compresseurs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	1.40E-02	3.55E-02	Production de gaz – 10^6 m^3
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	9.32E-01	3.64E-01	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	7.52E+00	8.33E-01	
	Batterie à puits unique de bitume naturel (pétrole lourd)	331	2.30E+00	1.77E+01	
	Batterie à puits multiples de bitume naturel (pétrole lourd)	341	4.10E+00	6.45E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de bitume naturel	342	1.02E+01	6.90E+00	
	Batterie à puits unique de gaz	351	5.51E-01	2.18E-01	
	Batterie à puits multiples de gaz	361	3.67E+00	1.81E-01	
	Batterie de mesure des effluents provenant de puits de gaz multiples	362	5.39E+00	5.08E-02	
	Batterie de proration à puits multiples de gaz (dans le sud-est de l'Alberta)	363	6.24E-01	5.18E-02	
	Batterie de proration à puits multiples de gaz (hors sud-est de l'Alberta)	364	6.42E-01	4.67E-02	
	Usine de gaz non corrosif	401	1.08E+02	4.45E-01	Arrivages de gaz – 10^6 m^3
	Torchage de gaz corrosifs par une usine de gaz < 1 t/d de soufre	402	5.25E+01	4.25E-01	
	Torchage de gaz corrosifs par une usine de gaz > 1t /d de soufre	403	2.24E+02	8.01E-01	
	Injection de gaz corrosif par l'usine de gaz	404	1.19E+03	1.59E+00	
	Récupération du soufre par l'usine de gaz	405	2.47E+02	2.85E-01	
	Usine de gaz, canalisation principale chevauchant une frontière	406	1.78E+02	1.51E-02	
	Usine de fractionnement de gaz	407	1.78E+02	4.37E+00	
	Procédé de récupération améliorée ou de production ou de cycle simultané[a]	501, 502, 508	4.29E+00	2.87E-02	Production de gaz – 10^6 m^3
	Stations de compression[a]	601	2.75E+01	1.91E-01	
	Systèmes de collecte de gaz[a]	621, 622	1.36E+01	2.41E-01	
	Puits de pétrole brut	311, 321, 322	8.09E-02	1.28E-01	
	Puits de gaz	351-364	6.33E-02	6.16E-02	
Hangars à moteurs	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	4.81E-02	5.33E-03	Production de gaz – 10^6 m^3
	Batterie à puits unique de bitume naturel (pétrole lourd)	331	4.27E+00	3.30E+01	
	Batterie à puits multiples de bitume naturel (pétrole lourd)	341	3.29E+00	5.17E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de bitume naturel	342	3.08E+00	2.08E+00	

Tableau A3.2–25 **CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour l'Alberta** (suite)

Sources d'émission	Strate de l'EERL	Sous-type(s) correspondant(s) de Petrinex	CE dérivés d'ECCC		Dénominateur de CE dans les données sur les activités
			CE par nombre d'installations (tonnes de CH_4 / installation)	CE par données sur les activités (tonnes de CH_4 / DA)	
Torches/Chambres de combustion (non allumées)	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	2.34E-01	1.13E+01	Gaz de torche – 10^6 m^3
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	2.41E-01	3.92E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	5.55E-01	4.01E+00	
	Batterie à puits unique de gaz	351	5.36E-02	2.48E+01	
	Batterie à puits multiples de gaz	361	4.80E-01	4.53E+01	
	Batterie de mesure des effluents provenant de puits de gaz multiples	362	2.98E+00	2.29E+01	
	Usine de gaz non corrosif	401	1.54E+01	5.45E+01	
	Récupération du soufre par l'usine de gaz	405	1.29E+01	2.68E+00	
	Usine de gaz, canalisation principale chevauchant une frontière	406	1.89E+01	9.14E+00	
	Usine de fractionnement de gaz	407	1.89E+01	2.28E+02	
	Stations de compression[a]	601	4.09E+00	4.93E+00	
	Systèmes de collecte de gaz[a]	621, 622	2.16E+00	6.50E+01	
	Puits de gaz	351-364	2.92E-01	3.75E+02	
	Puits de pétrole brut	311, 321, 322	1.87E-02	1.54E+00	
Réservoirs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	1.08E+01	2.12E+01	Production de pétrole brut – 10^3 m^3
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	3.33E+00	1.22E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	2.55E+01	2.21E+00	
	Batterie à puits unique de bitume naturel (pétrole lourd)	331	4.60E-01	4.83E-01	
	Procédé de récupération améliorée ou de production et de recyclage simultanés[a]	501, 502, 508	1.11E+01	5.87E-02	
	Batterie à puits unique de gaz	351	1.31E+00	5.21E-01	Production de gaz – 10^6 m^3
	Batterie à puits multiples de gaz	361	1.16E+01	5.71E-01	
	Batterie de mesure des effluents provenant de puits de gaz multiples	362	2.02E+00	1.90E-02	
	Batterie de proration à puits multiples de gaz (sud-est de l'Alberta)	363	1.27E+00	1.05E-01	
	Batterie de proration à puits multiples de gaz (hors sud-est de l'Alberta)	364	1.09E+00	7.96E-02	
	Usine de gaz non corrosif	401	3.62E+01	1.49E-01	Arrivages de gaz – 10^6 m^3
	Torchage de gaz corrosifs par l'usine de gaz < 1 t/d de soufre	402	9.02E+00	7.30E-02	
	Torchage de gaz corrosifs par l'usine de gaz > 1 t/d de soufre	403	7.62E+00	2.72E-02	
	Injection de gaz corrosifs par l'usine de gaz	404	1.60E+03	2.14E+00	
	Récupération du soufre par l'usine de gaz	405	9.90E+01	1.14E-01	
	Usine de chevauchement sur la conduite principale de gaz	406	5.69E+01	4.83E-03	
	Usine de fractionnement de gaz	407	5.69E+01	1.40E+00	
	Installation d'élimination[a]	503, 504, 507, 509	2.61E+00	5.17E-03	Production de gaz – 10^6 m^3
	Stations de compression[a]	601	4.53E+00	3.15E-02	
	Systèmes de collecte de gaz[a]	621, 622	8.13E+00	1.44E-01	
	Puits de gaz	351-364	1.30E+00	1.26E+00	
	Puits de pétrole brut	311, 321, 322	2.84E-01	3.55E-01	Production de pétrole brut – 10^3 m^3
Réservoirs (PPFLS)	Batterie à puits unique de bitume naturel (pétrole lourd)	331	3.08E+00	3.23E+00	Production de pétrole brut – 10^3 m^3
	Batterie à puits multiples de bitume naturel	341	7.23E+00	2.76E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de bitume naturel	342	2.81E+00	1.41E-01	
	Puits de pétrole lourd	331, 341, 342	3.11E-01	2.08E-01	

Notes :
Dérivé par ECCC à partir des résultats de Conrad et al. (2023a). Seuls les CE différents de zéro sont présentés.
a. Ces installations ne produisent pas directement de pétrole ou de gaz naturel, ou ne déclarent généralement pas leur production; par conséquent, la production annuelle totale a servi de données sur les activités.

Tableau A3.2–26 **CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour la Saskatchewan**

Sources d'émission	Strate de l'EERL	Sous-type(s) correspondant(s) de Petrinex	CE dérivés d'ECCC		Dénominateur de CE dans les données sur les activités
			CE par nombre d'installations (tonnes CH_4 / installation)	CE par données sur les activités (tonnes CH_4 / DA)	
Bâtiments des compresseurs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	1.18E-02	1.68E-01	10^6 m^3 – Production de gaz
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	2.10E-01	4.33E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	4.75E-01	1.83E-01	
	Batterie à puits multiples de pétrole brut lourd	326, 327	1.76E+00	8.72E-01	
	Batterie à puits unique de gaz	351	3.94E-01	1.20E+00	
	Batterie à puits multiples de gaz	361, 363, 364	1.53E-01	1.50E-02	
	Procédé de récupération améliorée[a]	501	1.58E+01	4.39E-02	
	Station de compression[a]	601	9.16E+00	5.95E-01	
	Système de collecte de gaz[a]	621	5.33E+00	2.15E-01	
	Puits de pétrole brut	311, 321, 322	1.84E-02	1.79E-01	
	Puits de gaz	351, 361, 363, 364	5.38E-03	6.24E-02	
	Usine de gaz non corrosif	401	1.03E+02	1.62E+00	10^6 m^3 – Arrivages de gaz
	Usine de gaz corrosif	402-405	1.64E+00	2.46E-02	
	Usine de gaz	406	1.03E+02	3.22E-01	
Hangars à moteurs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	4.52E-01	6.46E+00	10^3 m^3 – Production de pétrole brut
	Batterie à puits unique de pétrole lourd	325	4.27E+01	4.26E+02	
Torches/Chambres de combustion (non allumées)	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	8.73E-01	3.74E+01	10^6 m^3 – Gaz de torchage
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	7.06E-03	6.25E-01	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	2.73E+01	7.20E+01	
	Batterie à puits multiples de pétrole brut lourd	326, 327	3.21E+01	1.08E+02	
	Usine de gaz non corrosif	401	2.25E+01	1.97E+01	
	Batterie à puits unique de gaz	351	3.51E-02	1.07E-01	10^6 m^3 – Production de gaz
	Batterie à puits multiples de gaz	361, 363, 364	4.08E-03	4.00E-04	
	Système de collecte de gaz[a]	621	7.24E-01	2.92E-02	
Réservoirs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	2.32E+01	5.50E+01	10^3 m^3 – Production de pétrole brut
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	1.56E+00	2.46E+00	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	2.58E+01	1.92E+00	
	Procédé de récupération améliorée[a]	501	1.91E+02	9.98E-02	
	Puits de pétrole brut	311, 321, 322	1.21E-01	2.23E-01	
	Batterie satellite - Installation intermédiaire équipée de batterie de proration à puits multiples[a]	347	1.11E+00	1.66E-01	
	Batterie à puits unique de gaz	351	2.87E+00	8.73E+00	10^6 m^3 – Production de gaz
	Batterie à puits multiples de gaz	361, 363, 364	1.89E+01	1.85E+00	
	Station de compression[a]	601	5.94E-02	3.86E-03	
	Système de collecte de gaz[a]	621	1.37E+01	5.54E-01	
	Puits de gaz	351, 361, 363, 364	1.49E-02	1.73E-01	
	Usine de gaz non corrosif	401	2.13E+01	3.34E-01	10^6 m^3 – Arrivages de gaz
	Usine de gaz corrosif	402-405	6.07E-02	9.12E-04	
	Usine de gaz	406	2.13E+01	6.65E-02	
Réservoirs (PPFLS)	Batterie à puits unique de pétrole lourd	325	9.12E+00	1.26E+01	10^3 m^3 – Production de pétrole brut
	Batterie à puits multiples de pétrole brut lourd	326, 327	1.59E+02	6.80E+00	
	Puits de pétrole lourd	325-327	2.50E-01	3.16E-01	
Têtes de puits	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	4.19E-01	9.94E-01	10^3 m^3 – Production de pétrole brut
	Batterie à pistons à puits multiples de pétrole lourd	314	3.97E+01	7.96E+01	
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	2.93E-03	4.63E-03	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	4.56E-03	3.38E-04	
	Puits de pétrole brut	311, 321, 322	2.41E-01	4.44E-01	
	Batterie à puits unique de gaz	351	3.19E-01	9.72E-01	10^6 m^3 – Production de gaz
	Batterie à puits multiples de gaz	361, 363, 364	6.59E-02	6.45E-03	
	Puits de gaz	351, 361, 363, 364	4.56E-01	5.29E+00	
Têtes de puits (PPFLS)	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	7.37E-02	1.75E-01	10^3 m^3 – Production de pétrole brut
	Batterie à puits unique de pétrole lourd	325	1.76E+01	2.43E+01	
	Batterie à puits multiples de pétrole brut lourd	326, 327	3.78E-03	1.61E-04	
	Puits de pétrole lourd	325-327	2.36E-01	2.98E-01	

Notes :
Dérivé par ECCC à partir des résultats de Conrad et al. (2023b). Seuls les CE différents de zéro sont présentés.
a. Ces installations ne produisent pas directement de pétrole ou de gaz naturel, ou ne déclarent généralement pas leur production; par conséquent, la production annuelle totale a servi de données sur les activités.

Tableau A3.2–27 **CE du CH_4 obtenus de l'inventaire 2021 de EERL fondés sur des mesures aériennes pour la Colombie-Britannique**

Sources d'émission	Strate de l'EERL	Sous-type(s) correspondant(s) de Petrinex	CE dérivé d'ECCC		Dénominateur de CE dans les données sur les activités
			CE par nombre d'installations (tonnes CH_4 / installation)	CE par données sur les activités (tonnes CH_4 / DA)	
Bâtiments des compresseurs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	9.51E-01	8.54E-04	10^6 m^3 Production brute de gaz naturel
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	9.09E-01	6.92E-05	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	1.06E+01	5.65E-03	
	Batterie à puits unique de gaz	351	2.63E-01	9.41E-05	10^6 m^3 Production de gaz naturel non associé
	Batterie à puits multiples de gaz	361	1.05E+01	1.50E-02	
	Batterie de mesure des effluents provenant de puits multiples de gaz	362	4.60E+01	1.01E-01	
	Stations de compression	601	1.00E+02	2.38E-01	
	Systèmes de collecte de gaz	621	4.11E+00	7.60E-03	
	Usine de gaz non corrosif	401	2.90E+02	1.11E-01	10^6 m^3 Production brute de gaz naturel
	Torchage de gaz corrosifs par une usine de gaz < 1 t/d de soufre	402	9.45E+01	3.45E-02	
	Torchage de gaz corrosifs par une usine de gaz > 1 t/d de soufre	403	9.45E+01	5.75E-03	
	Injection de gaz corrosifs par une usine de gaz	404	9.45E+01	5.75E-03	
	Récupération du soufre par une usine de gaz	405	9.45E+01	5.75E-03	
	Procédé de récupération améliorée	501	6.27E+00	4.77E-04	
Torche (non allumée)	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	3.16E+00	1.58E+00	10^6 m^3 Torchage – Batteries pétrolières
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	5.16E+00	1.81E+01	
	Puits de pétrole	311, 321, 322	3.13E-02	2.47E+00	
	Batterie à puits multiples de gaz	361	1.39E+01	2.81E+01	10^6 m^3 Torchage – Production de gaz
	Batterie de mesure des effluents provenant de puits de gaz multiples	362	1.08E+00	3.36E+00	
	Refoulement	503	4.30E+00	2.17E+00	
	Station de compression	601	1.79E+01	6.00E+01	
	Puits de gaz	351, 361, 362	3.12E-02	6.23E+00	
	Usine de gaz non corrosif	401	2.02E+01	3.66E+00	10^6 m^3 Torchage – Usines de gaz
	Torchage de gaz corrosifs par une usine de gaz < 1 t/d de soufre	402	2.12E+00	3.68E-01	
	Torchage de gaz corrosifs par une usine de gaz < 1 t/d de soufre	403	2.12E+00	6.14E-02	
	Injection de gaz corrosifs par une usine de gaz	404	2.12E+00	6.14E-02	
	Récupération du soufre par une usine de gaz	405	2.12E+00	6.14E-02	
Réservoirs	Batterie à puits unique de pétrole brut	311	8.34E-01	7.27E-02	10^3 m^3 Production de pétrole brut léger/moyen
	Batterie à puits multiples de pétrole brut	321	2.80E-01	2.07E-03	
	Batterie de proration à puits multiples de pétrole brut	322	1.08E+01	5.56E-01	
	Procédé de récupération améliorée	501	1.93E+00	1.43E-02	
	Puits de pétrole	311, 321, 322	7.46E-01	8.66E-01	
	Batterie à puits unique de gaz	351	3.91E+00	2.37E-02	10^3 m^3 Production de condensat de gaz naturel
	Batterie à puits multiples de gaz	361	7.97E+00	1.93E-01	
	Batterie de mesure des effluents provenant de puits de gaz multiples	362	1.04E+01	3.87E-01	
	Refoulement	503	1.63E+00	9.90E-03	
	Station de compression	601	4.40E+01	1.77E+00	
	Puits de gaz	351, 361, 362	1.78E-02	4.29E-02	
	Usine de gaz non corrosif	401	1.33E+02	8.78E-01	
	Torchage de gaz corrosifs par l'usine de gaz < 1 t/d de soufre	402	4.10E+01	2.60E-01	
	Torchage de gaz corrosifs par l'usine de gaz < 1 t/d de soufre	403	4.10E+01	4.33E-02	
	Injection de gaz corrosifs par une usine de gaz	404	4.10E+01	4.33E-02	
	Récupération du soufre par une usine de gaz	405	4.10E+01	4.33E-02	

Note :
Dérivé par ECCC à partir des résultats de Conrad et al. (2023). Seuls les CE différents de zéro sont présentés.

Des analyses de régression linéaire ont été effectuées pour calculer les valeurs de R^2, l'ordonnée à l'origine étant fixée à 0. L'analyse a été reproduite de deux façons. Dans le Tableau A3.2–28, les valeurs de R^2 présentées ont été obtenues des émissions et des données de substitution sans modification; dans le Tableau A3.2–29, les émissions et les données de substitution ont été normalisées à des valeurs entre 0 et 1, le maximum pour chaque source dans une province donnée étant fixé à 1. Les valeurs normalisées ont été employées dans la deuxième analyse de régression pour atténuer davantage les effets des grandes variations dans les installations et les niveaux d'activité. Puisque les valeurs normalisées produisent en général des corrélations plus fortes dans l'ensemble, des analyses de régression supplémentaires ont été effectuées à l'aide de cette méthode pour les émissions et les données de substitution regroupées par sources individuelles. Les valeurs résultantes de R^2 sont également présentées dans le Tableau A3.2–29.

Dans la majorité des cas présentés au Tableau A3.2–28 et au Tableau A3.2–29, une des valeurs de R^2 est supérieure à l'autre. Toutefois, les différences sont généralement marginales et presque toutes les valeurs calculées indiquent une corrélation allant de faible à modérée. Étant donné ces résultats, il est difficile de conclure à la supériorité d'une méthode de substitution par rapport à une autre selon sa corrélation avec les émissions de CH_4, même au cas par cas.

Les valeurs de R^2 présentées au Tableau A3.2–28 et au Tableau A3.2–29 correspondent aux données illustrées à la Figure A3.2–8, où les émissions de CH_4 sont montrées par rapport aux deux méthodes de substitution. Il est difficile de comparer les analyses de régression linéaire à l'aide des données non modifiées, ce qui est évident dans les graphiques (a) et (b) : même lorsque les données sont regroupées par type d'activité, aucune tendance linéaire n'émerge clairement. Les graphiques (c) et (d) présentent les mêmes données, cette fois normalisées, de même qu'une ligne pointillée représentant une corrélation linéaire parfaite à titre de référence. Un ensemble de données normalisées présentant une forte corrélation positive entre les deux variables devrait s'amasser près de cette ligne.

En ce qui a trait aux résultats de l'analyse de régression, leur comparaison est jugée non concluante, qu'il s'agisse des valeurs calculées de R^2 ou des données comparées visuellement sur les graphiques. Bien qu'il serait possible de choisir des méthodes de substitution individuelles selon le résultat de la comparaison de la corrélation non modifiée (Tableau A3.2–28, Figure A3.2–8 [a] et [b]) ou normalisée (Tableau A3.2–29, Figure A3.2–8 [c] et [d]), dans bien des cas les résultats n'indiquent pas qu'une méthode de substitution ressort comme étant significativement meilleure que l'autre pour expliquer la variation des émissions. Dans le regroupement lié à la production de gaz, il serait même possible de tirer des conclusions opposées à partir des résultats des deux comparaisons des corrélations. Globalement, les preuves ne sont pas assez solides pour justifier le choix d'une seule méthode de substitution dans tous les cas.

En outre, ECCC a comparé les résultats de deux méthodologies rétrospectives pour tous les sous-types d'installations et toutes les sources d'émission fondées sur des mesures. En général, pour les périodes récentes, les résultats des deux méthodes sont semblables mais pour les périodes antérieures, ils divergent parfois significativement entre la Méthode de dénombrement des installations et la Méthode des données sur les activités. Notamment, dans certains cas, les résultats des sous-types d'installations comparables ont tendance à diverger à mesure que l'année s'approche de 1990. Cette comparaison montre qu'une méthode universelle rétrospective en particulier pourrait donner des résultats contraires à une autre pour des installations autrement semblables. Il en résulterait des tendances en matière d'émissions plutôt arbitraires que les caractéristiques physiques du secteur du PGA n'expliqueraient pas facilement dans bien des cas.

Par exemple, la Figure A3.2–9 montre les tendances des émissions de CH_4 rétrospectives pour les bâtiments de compresseurs dans les secteurs de la production et du traitement du gaz naturel. Les émissions sont normalisées selon l'année de référence la plus ancienne (c.-à-d. 2021 pour la BC et l'AB, 2020 pour la SK) à des fins de comparaison directe entre les tendances pour chaque province et secteur.

Tableau A3.2–28 **Résumé de l'analyse de régression ; corrélation entre le CH_4 fondé sur des mesures et celui fondé sur des données de substitution**

Activité	Source	Numéro des points de données	R^2 (substitution p/r au CH_4)	
			Dénombrement des installations[a]	Activité volumétrique[b]
Volume de gaz émis par le torchage	Entièrement basées sur les mesures	38	0,13	0,36
Production de gaz		71	0,19	0,13
Production de pétrole		49	0,05	0,09
Arrivages de gaz		32	0,54	0,40

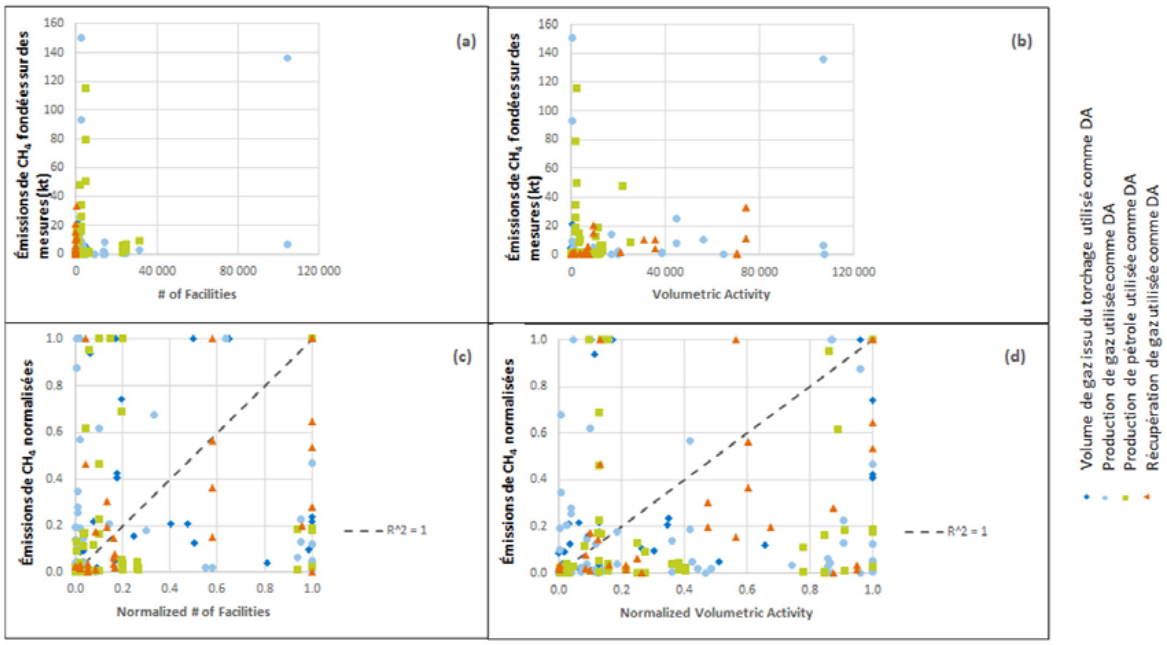
Notes :
Les estimations basées sur les mesures par source sont regroupées selon la mise en correspondance des activités et des sources définie dans le Tableau A3.2–24.
a. Valeurs de R^2 obtenues à partir de l'analyse de régression employant les données illustrées dans la Figure A3.2–8 (a).
b. Valeurs de R^2 obtenues à partir de l'analyse de régression employant les données illustrées dans la Figure A3.2–8 (b).

Tableau A3.2–29 **Résumé de l'analyse de régression ; corrélation entre le CH_4 fondé sur des mesures normalisées et celui fondé sur des données de substitution normalisées**

Activité	Source	Nombre de points de données	R^2 (substitution normalisée p/r au CH_4 normalisé)[a]	
			Dénombrement des installations[b]	Activité volumétrique[c]
Volume de gaz émis par le torchage	Entièrement basées sur les mesures	38	0,23	0,42
Production de gaz		71	0,15	0,21
Production de pétrole		49	0,15	0,19
Arrivages de gaz		32	0,58	0,54
Volume de gaz émis par le torchage	Torches non allumées	38	0,23	0,42
Production de gaz	Bâtiments des compresseurs	43	0,04	0,15
	Hangars à moteurs	9	0,16	0,01
	Réservoirs	13	0,19	0,54
	Têtes de puits	6	0,74	0,40
Production de pétrole	Réservoirs	31	0,17	0,25
	Têtes de puits	18	0,11	0,07
Arrivages de gaz	Bâtiments des compresseurs	19	0,73	0,70
	Réservoirs	13	0,39	0,36

Notes :
Les estimations basées sur les mesures par source sont regroupées selon la mise en correspondance des activités et des sources définie dans le Tableau A3.2–24.
a. Les données de substitution et les émissions de CH_4 ont été normalisées pour atteindre les valeurs maximales de chaque regroupement source-activité.
b. Valeurs de R^2 obtenues à partir de l'analyse de régression employant les données illustrées dans la Figure A3.2–8 (a).
c. Valeurs de R^2 obtenues à partir de l'analyse de régression employant les données illustrées dans la Figure A3.2–8 (b).

Figure A3.2–8 **Émissions de CH_4 fondées sur des mesures par rapport aux données de substitution sélectionnées ayant servi à l'analyse de régression pour tester la force de la corrélation**



Notes :
Chaque point représente les émissions de CH_4 fondées sur des mesures pour une combinaison différente strate–source (p. ex. unité à puits unique de pétrole brut – réservoirs).
Tous les points de données sont regroupés selon l'activité associée (p. ex. le CH_4 des unités à puits unique de pétrole brut – réservoirs est regroupé sous « Prod. de pétrole comme DA »).

(a) Émissions de CH_4 par rapport aux populations estimées d'installations et de puits en 2020 (SK) ou 2021.

(b) Émissions de CH_4 par rapport aux activités volumétriques annuelles déclarées (10^6 m^3 pour le gaz, 10^3 m^3 pour le pétrole) pour 2020 (SK) ou 2021.

(c) Émissions de CH_4 par rapport aux populations estimées normalisées d'installations et de puits.

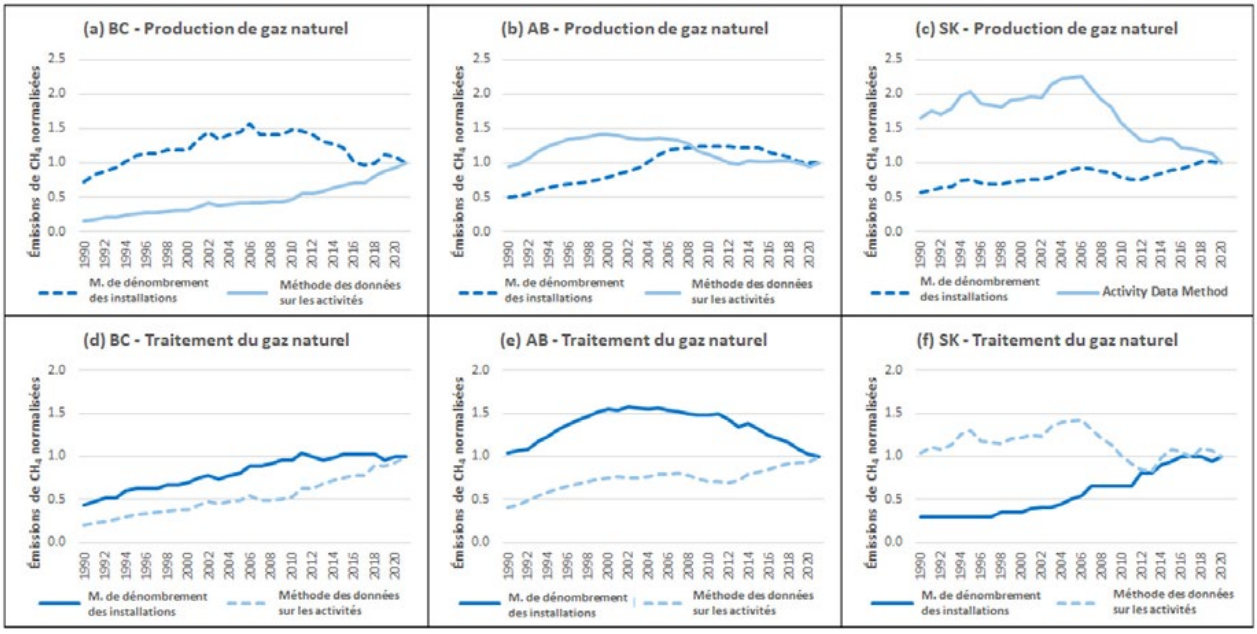
(d) Émissions de CH_4 par rapport aux activités volumétriques annuelles normalisées déclarées.

Sur la Figure A3.2–9, il est clair que les tendances relatives aux sources d'émissions pourraient donner des séries chronologiques estimées tout à fait différentes selon la méthode de substitution sélectionnée. Si l'une des méthodes de substitution était choisie selon la force des corrélations respectives pour les catégories de la Production et du Traitement du gaz dans le Tableau A3.2–29 (comme indiqué par l'activité « Arrivages de gaz »), les émissions résultantes suivraient une droite dans tous les sous-graphiques de la Figure A3.2–9. Les valeurs de R^2 pour la production de gaz au Tableau A3.2–29 indiquent une corrélation plus forte entre les émissions de CH_4 et les volumes de production de gaz (R^2 = 0,15) qu'entre les émissions de CH_4 et le dénombrement des installations (R^2 = 0,04), mais les corrélations sont faibles dans les deux cas. Dans les populations d'usines de gaz, dans le secteur du traitement du gaz, la corrélation n'est que marginalement plus forte (R^2 = 0,73) avec les émissions qu'avec les arrivages de gaz (R^2 = 0,70) lorsque comparée de façon équivalente. Cependant, le choix d'une méthode de substitution basée sur ces comparaisons à elles seules donnerait des résultats contradictoires et significativement différents, malgré les caractéristiques communes des bâtiments des compresseurs dans le secteur de la production et du traitement du gaz naturel dans chaque province. La différence entre les tendances illustrées aux graphiques (c) et (f) souligne l'incidence d'un choix de ce genre, surtout pour la Saskatchewan.

ECCC a comparé toutes les estimations des émissions fondées sur des mesures de façon équivalente. Beaucoup de ces comparaisons donnent le même genre de résultats divergents ou contradictoires. Essentiellement, cette analyse a montré que les tendances antérieures sont très sensibles au choix de l'une ou l'autre des méthodes de substitution. Le recours à la moyenne des deux méthodes limite l'incidence du choix d'une méthode de substitution basée strictement sur une corrélation marginalement plus forte sur les tendances des émissions. Selon ECCC, les résultats de cette comparaison renforcent la conclusion à savoir que la moyenne des deux méthodes rétrospectives constitue une méthode convenable compte tenu des données de substitution existantes.

Les méthodes de Dénombrement des installations et de Données sur les activités sont deux substituts raisonnables en vertu des Lignes directrices, mais chacune a ses limites. Dans la première, le dénombrement des installations actives est lié à l'activité globale, mais cette méthode ne reflète pas l'incidence des changements de l'activité par installation (c.-à-d. une production ou un débit accrus de pétrole brut ou de gaz naturel par installation devrait accroître les émissions et vice-versa). À l'opposé, la seconde ne tient pas compte des changements du nombre de sources d'émission potentielles (c.-à-d. une population accrue de batteries à plusieurs puits de pétrole brut devrait accroître les émissions et vice-versa).

Figure A3.2–9 **CH_4 des bâtiments de compresseurs dans la production et le traitement du gaz naturel normalisé selon l'année de référence rétrospective**



Notes :
Telle que présentée, la série chronologique des émissions de CH_4 provenant des bâtiments de compresseurs reflète les tendances des émissions calculées rétrospectivement avant leur rapprochement avec les estimations liées à la combustion.
Les émissions des bâtiments de compresseurs de BC et de l'AB sont normalisées pour atteindre les niveaux de 2021, tandis que les émissions de SK sont ramenées à 2020.

S'il est vrai qu'il existe un lien entre la population d'installations et les niveaux d'activité dans le secteur du PGA, ce lien s'avère néanmoins complexe. Faute d'accès à des données plus détaillées, comme le dénombrement des équipements ou le débit à la source (p. ex. nombre de réservoirs par sous-type pour toute la série chronologique), il est difficile de distinguer ce qui explique le mieux la variation des émissions de CH_4 entre le nombre de sources et le volume d'hydrocarbures produits ou traités. Dans l'analyse comparative des corrélations, aucune méthode ne se démarque globalement, et aucune ne montre une corrélation plus forte avec les émissions au cas par cas. Une simple moyenne permet d'intégrer aux estimations rétrospectives les effets de la population d'installations et de puits et ceux des activités.

Assurance qualité (AQ), contrôle de la qualité (CQ) et vérification

Les Lignes directrices 2006 du GIEC (volume 1, chapitre 6, sections 6.7.1.2 et 6.7.1.3) présentent plusieurs mesures de contrôle de la qualité (CQ) à utiliser pour évaluer la qualité des CE propres au pays établis pour l'inventaire, notamment : un CQ pour les données contextuelles servant à établir les CE, un CQ pour les modèles, une comparaison avec les coefficients par défaut du GIEC et une comparaison avec les CE des autres pays.

Bridger Photonics, l'exploitant, et EERL ont tous deux vérifié les données de mesures contextuelles pour évaluer les limites de détection et les corrections d'erreurs nécessaires, notamment par des expériences de rejet contrôlé. Plusieurs activités ont été entreprises pour évaluer le modèle d'ECCC qui calcule rétrospectivement les mesures aériennes propres à la source, dont des vérifications détaillées de l'exhaustivité, des analyses de régression (celles présentées ci-dessus), et surtout, des comparaisons des tendances pour toutes les sources au niveau du sous-type, comme celles présentées à la Figure A3.2–9. Tel que noté dans la section précédente, ces comparaisons détaillées des tendances ont agi comme analyse de sensibilité quant au choix des données de substitution. La sensibilité des émissions de CH_4 en 1990 au choix d'une méthode de substitution a orienté la décision d'utiliser la moyenne du Dénombrement des installations et des Données sur les activités dans les estimations finales.

Au Canada, aux États-Unis et à l'échelle mondiale, les études de mesures de télédétection ont montré que les émissions mesurées sont en général beaucoup plus importantes que celles estimées à l'aide des méthodes d'inventaires ascendantes classiques (Atherton et al., 2017; Johnson et al., 2017; Zavala-Araiza et al., 2018; Chan et al., 2020; MacKay et al., 2021; Rutherford et al., 2021; Shen et al., 2022, 2023). Ainsi, une comparaison des CE propres au Canada établit à l'aide des données de mesures aériennes avec les CE par défaut du GIEC ou ceux des autres pays risque de révéler des différences importantes. De surcroît, les CE par défaut de Niveau 1 du GIEC ne sont présentés que par segment de l'industrie (p. ex. production de pétrole, traitement du gaz naturel), donc aucune distinction n'est faite par source d'émission. À ce titre, pour comparer les émissions avec les valeurs par défaut du GIEC, toutes les émissions pour un segment donné de l'industrie au Canada devraient être agrégées, y compris celles obtenues par estimation directe, mesures aériennes, modélisation et interpolation-extrapolation, contredisant ainsi toute vérification des CE obtenus par des mesures aériennes. Enfin, bien que l'industrie pétrolière et gazière utilise pour la plupart les mêmes équipements et processus partout dans le monde, beaucoup d'éléments influent sur le profil d'émissions fugitives issues du pétrole et du gaz dans un pays donné, notamment les méthodes d'extraction employées, les pratiques en matière d'entretien, les lois, l'âge des infrastructures, les proportions pétrole/gaz et la géographie du pays en général. Pour les raisons ci-dessus, il a été jugé futile de comparer les CE avec ceux du GIEC ou des autres pays.

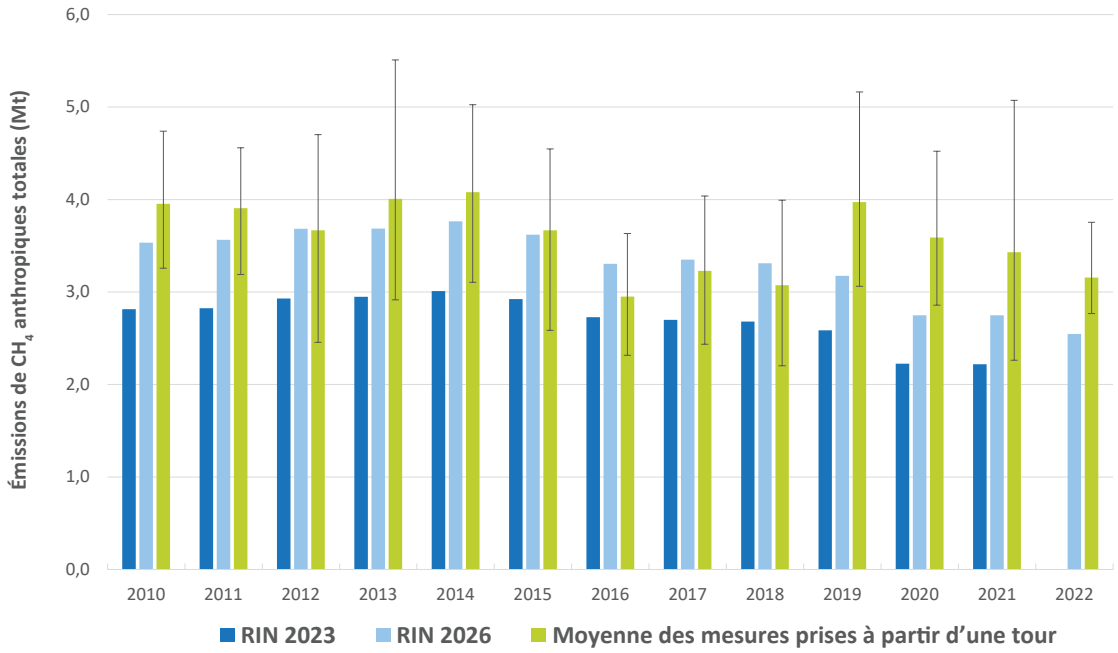
Cela étant dit, il a été possible de comparer les émissions de méthane anthropiques totales mesurées à partir d'une tour dans les provinces de l'Alberta et de la Saskatchewan à celles estimées dans l'inventaire (Chan et al., 2024). La Figure A3.2–10 compare les émissions de méthane anthropiques totales (c.-à-d. émissions fugitives et issues de la combustion, des processus industriels, de l'agriculture et des déchets) tirées du RIN publié en 2023 (RIN 2023), celles du présent inventaire (RIN 2026), et celles établies à partir des mesures prises sur des tours. Le RIN 2023 a été choisi, car il est le dernier inventaire publié avant l'intégration des mesures aériennes. La figure montre que les estimations actuelles de l'inventaire concordent mieux avec les mesures prises sur une tour que celles du RIN 2023, ce qui tend à prouver que la méthode rétrospective donne des résultats raisonnables.

Estimations de l'incertitude

Dans ses inventaires du CH_4 publiés, EERL inclut les bornes inférieure (2,5^e centile) et supérieure (97,5^e centile) représentant l'intervalle de confiance de 95 % des émissions par sous-type d'installation (Conrad et al., 2023a, 2023b; Johnson et al., 2023). Ces valeurs, qui reflètent les incertitudes associées à toutes les sources de CH_4, sont obtenues par la combinaison des incertitudes estimées des parties mesurées et non mesurées de chaque inventaire fondé sur des mesures (Johnson et al., 2023). EERL ne produit pas d'estimations de l'incertitude pour les sources d'émission de CH_4 individuelles.

ECCC estime l'incertitude du sous-total des sources fondées sur des mesures pour chaque sous-type d'installation, plutôt qu'au niveau de la source individuelle. Cette méthode est considérée comme étant plus appropriée que l'estimation de l'incertitude au niveau de la source pour chacun des sous-types, car elle ressemble davantage à la méthode de EERL. À noter toutefois que le total de l'incertitude au niveau du sous-type, lorsqu'utilisé sur un sous-total des émissions de CH_4, repose quand même sur l'hypothèse que les sources sélectionnées contribuent dans la même proportion aux estimations des centiles inférieurs et supérieurs qu'aux valeurs nominales de CH_4. Cette hypothèse est nécessaire à l'intégration des bornes d'incertitude robustement estimées par EERL lors de l'intégration d'un seul sous-ensemble des sources d'émissions mesurées.

Figure A3.2–10 **Comparaison des mesures de CH_4 anthropiques totales prises à partir d'une tour en Alberta et en Saskatchewan avec les estimations de l'inventaire de 2010 à 2022**

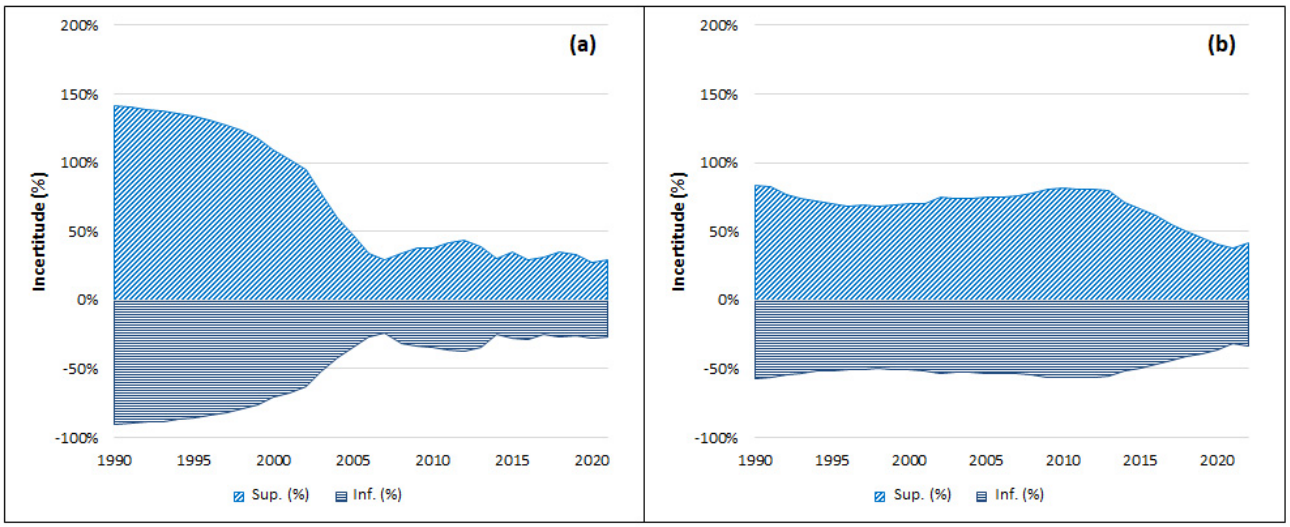


Pour estimer l'incertitude associée aux émissions fondées sur des mesures aériennes, ECCC calcule d'abord le rapport de CH_4 provenant de sources sélectionnées sur le total de CH_4 par sous-type. Ensuite, les valeurs des centiles inférieurs et supérieurs de CH_4 au niveau du sous-type de EERL sont multipliées par ce rapport. Initialement établies en fonction de la masse, les valeurs des bornes inférieure et supérieure obtenues sont converties en pourcentages pour servir directement dans les années d'inventaire où des mesures aériennes sont prises. Pour produire une série chronologique complète de l'incertitude annuelle, deux ensembles d'estimations de l'incertitude inférieure et supérieure sont générés, un pour les estimations selon le Dénombrement des installations et l'autre pour celles selon les Données sur les activités. Dans les deux cas, l'incertitude sur les paramètres des deux méthodes est combinée à l'incertitude sur les émissions fondées sur des mesures calculées à l'aide d'une méthode de Niveau 1 du GIEC. L'incertitude annuelle globale est ensuite estimée à l'aide de la borne inférieure estimée la plus basse et de la borne supérieure estimée la plus élevée pour chacun des sous-types. Ce choix se base sur la comparaison des bornes annuelles inférieures et supérieures pour chacune des méthodes de substitution lorsqu'elles sont exprimées comme du CH_4 en fonction de la masse (c.-à-d. que pour chacun des sous-types, la borne la plus basse entre celle du Dénombrement des installations et celle des Données sur les activités est adoptée, et la borne la plus élevée entre ces deux méthodes est adoptée pour effectuer l'estimation d'incertitude annuelle au niveau du sous-type). Après cette sélection, les valeurs d'incertitude sont encore une fois converties en pourcentages relativement aux estimations finales de CH_4 fondées sur les mesures agrégées par sous-type.

Cette méthode reflète l'incertitude accrue causée par la divergence entre les deux méthodes de substitution lorsque l'année s'éloigne des années de référence dans l'inventaire de EERL. Selon ECCC, l'incertitude résultante est plus réaliste que celle produite par des valeurs constantes ou d'autres suppositions arbitraires sur l'incertitude variable au fil du temps. La Figure A3.2–11 montre deux exemples relatifs à cette tendance, où les plages d'incertitude plus grandes en 1990 reflètent la divergence entre les estimations du Dénombrement des installations et celles des Données sur les activités plus tôt dans la série chronologique.

Une méthode de Niveau 1 du GIEC est employée lorsque les émissions de CH_4 fondées sur des mesures sont agrégées au niveau de la source par secteur et lorsque les estimations sont combinées avec d'autres méthodes utilisées dans le secteur du PGA. Pour le dénombrement des installations et les données sur les activités, les estimations d'incertitude au niveau des paramètres (respectivement ± 15 % et ± 20 %) concordent avec celles employées dans les autres méthodes d'inventaire décrites aux sections A3.2.2.1.2 et A3.2.2.1.3.

Figure A3.2–11 **Estimations d'incertitude du CH_4 pour les sources fondées sur des mesures pour plusieurs sous-types d' installations.**



Notes :

(a) Limite d'incertitude pour les unités à puits de gaz unique en Alberta (sous-type 351 de Petrinex).

(b) Limite d'incertitude pour les usines de gaz (non corrosif) en Alberta (sous-type 401 de Petrinex).

A3.2.2.1.6. Changements apportés aux définitions de gaz d'évacuation en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan

L'Alberta et la Saskatchewan, dans leurs exigences de mesure et de déclaration respectives, ont toutes deux apporté des changements aux définitions de ce qui constitue un gaz combustible (*fuel gas*), un gaz de torche (*flare gas*) et un gaz d'évacuation (*vent gas*); ces changements sont en vigueur depuis le 1er janvier 2020. Des changements semblables sont entrés en vigueur le 1er juillet 2020 en Colombie-Britannique. La *Directive 017* de l'Alberta (AER, 2022e) classe les gaz dégagés par les instruments pneumatiques parmi les gaz d'évacuation, alors qu'ils étaient auparavant considérés comme des gaz combustibles, et les gaz dégagés aux joints d'étanchéité de compresseurs et dans les déshydrateurs au glycol doivent également être déclarés comme des gaz d'évacuation, alors qu'ils n'étaient pas déclarés auparavant. La *Directive PNG017* de la Saskatchewan (SKER, 2020) exige que les gaz dégagés par les instruments pneumatiques, les joints d'étanchéité de compresseurs et les fuites d'équipement soient déclarés comme des gaz d'évacuation, et la *Measurement Guideline* de la Colombie-Britannique (BCOGC, 2021) instaure des changements visant l'harmonisation à la *Directive 017* de l'Alberta.

En raison de lacunes dans les exigences antérieures en matière de mesure et de déclaration des gaz d'évacuation, les émissions attribuables aux instruments pneumatiques, aux joints d'étanchéité de compresseurs, aux déshydrateurs au glycol et aux fuites d'équipement étaient estimées et incluses séparément pour la période de 1990 à 2019 en tant que sources d'émissions associées à une évacuation non déclarée. Pour éviter la double comptabilisation des émissions, il faut mener un examen minutieux pour vérifier que les sources comprises dans les volumes de gaz évacués déclarés ne soient pas estimées séparément à titre de sources d'évacuation non déclarée. À compter de 2021 en Colombie-Britannique, les estimations distinctes pour les instruments pneumatiqueset les déshydrateurs au glycol ne sont pas comprises dans les totaux des émissions, puisque ces sources sont incluses dans les volumes de gaz évacués déclarés. De même, l'estimation distincte des émissions attribuables aux appareils pneumatiques et aux fuites d'équipement n'est plus exigée à partir de 2020 en Saskatchewan. Il est à noter que, puisque les émissions d'évacuation des joints d'étanchéité de compresseurs sont incluses dans les mesures aériennes des bâtiments des compresseurs et dans les estimations des émissions décrites à la section A3.2.2.1.5, des méthodes ont été mises au point pour retirer la portion des joints d'étanchéité de compresseurs des émissions d'évacuation déclarées à partir de 2020, tel que décrit plus loin dans cette section.

En Saskatchewan, le règlement sur la gestion des émissions dans l'industrie du pétrole et du gaz (*Oil and Gas Emissions Management Regulations*, SK, s.d.) exige la détection et la réparation des fuites (DERF) uniquement aux installations de production et de traitement du gaz naturel. La ligne directrice PNG035 sur l'estimation des émissions d'évacuation et des émissions fugitives (*Estimating Venting and Fugitive Emissions*, SKER, 2019) fournit des indications aux exploitants sur la manière de quantifier les gaz dégagés par les fuites d'équipement détectées dans le cadre des activités de DERF. Puisque la DERF n'est exigée qu'aux installations gazières et non aux installations de production pétrolière, il est présumé que les volumes de gaz d'évacuation en Saskatchewan comprennent les émissions issues des fuites d'équipement des installations gazières, mais que ces fuites ne sont ne sont pas détectées, quantifiées, ni déclarées comme gaz d'évacuation aux installations pétrolières. Par conséquent, les fuites d'équipement des installations gazières en Saskatchewan ne sont pas estimées séparément, alors que celles des installations pétrolières font l'objet d'une estimation distincte pour être incluses dans le total des émissions.

Depuis 2020, l'Alberta recueille et divulgue les volumes de gaz évacués dans le système de Petrinex, qui présente le volume d'évacuation total par installation déclarante, et le système de déclaration OneStop (AEP, 2022; AER, 2024d), qui présente les volumes d'évacuation regroupés selon le sous-type d'installation, mais ventilés selon la source, soit les gaz d'évacuation définis, les pompes pneumatiques, les instruments pneumatiques, les compresseurs alternatifs, les compresseurs centrifuges et les déshydrateurs au glycol. La catégorie des gaz d'évacuation définis comprend des sources semblables à celles qui étaient incluses dans les volumes d'évacuation déclarés avant la modification de la définition des gaz d'évacuation apportée en 2020. La comparaison des données de Pétrinex et de OneStop révèle des écarts imprévus dans les volumes d'évacuation totaux. Les volumes obtenus de Petrinex devraient être supérieurs à ceux tirés du système OneStop puisqu'ils comprennent l'évacuation non courante, laquelle est exclue du système OneStop. Cependant, cela n'a pas été le cas pendant les quatre années de déclaration à OneStop, bien que l'écart entre les deux ensembles de données se soit considérablement rétréci. Les volumes d'évacuation dans OneStop étaient environ 35 % plus élevés en 2020, 46 % plus élevés en 2021, 4 % plus élevés en 2022, et moins de 1% plus élevés en 2023. Cet écart pourrait être dû à l'utilisation de différents systèmes de gestion des émissions par les exploitants; à une harmonisation incomplète des systèmes de déclaration de Petrinex à la modification des définitions du gaz combustible, du gaz de torche et du gaz d'évacuation; et à l'utilisation de différentes méthodes d'estimation par Petrinex et OneStop (AER, 2024d).

Pour tenir compte de ces écarts dans les volumes et partiellement atténuer les incohérences méthodologiques introduites entre 2019 et 2020 à cause de la modification de la définition du gaz d'évacuation, les émissions d'évacuation de l'Alberta sont calculées comme suit à compter de 2020. Elles sont tout d'abord déterminées selon la méthode décrite à la section A3.2.2.1.2 à l'aide des volumes d'évacuation déclarés obtenus de Petrinex. Ces volumes et les émissions associées sont ensuite mis à l'échelle par sous-type d'installation selon les valeurs pour les gaz d'évacuation définis et les déshydrateurs au glycol indiquées dans OneStop. Les volumes d'évacuation des pompes et des instruments pneumatiques sont exclus, car l'important écart entre les données déclarées àOneStop et les données modélisées dans le MEF (section A3.2.2.1.3) ne peut pas être rapproché. Étant donné cette exclusion des volumes de gaz évacués par les instruments pneumatiques dans OneStop, il faut intégrer les émissions modélisées de ces instruments provenant du MEF (section A3.2.2.1.3) pour l'Alberta. De même, puisque les émissions fondées sur des mesures aériennes des bâtiments de compresseurs ont été intégrées aux estimations (section A3.2.2.1.5), les volumes d'évacuation des joints d'étanchéité de compresseurs déclarés à OneStop sont exclus.

Les modifications dans la production des déclarations en Saskatchewan, en Colombie-Britannique et en Alberta ont introduit une incohérence méthodologique à partir de 2020. Si l'accès aux données de OneStop sur l'Alberta a permis à ECCC de pallier partiellement cette incohérence pour cette province, le problème persiste pour la Saskatchewan et la Colombie-Britannique, et dans une moindre mesure, pour l'Alberta. Actuellement, ECCC ne possède pas de données de déclaration avec une résolution suffisante pour éliminer complètement l'incohérence. Cette question se complique davantage lorsqu'on tient compte du règlement sur les émissions de l'industrie pétrolière et gazière qui est entré en vigueur le 1er janvier 2020 dans les trois provinces[3], lequel a donné lieu à des changements de l'équipement et des pratiques industrielles. ECCC étudie activement les solutions potentielles.

A3.2.2.2. Transport et stockage du gaz naturel

La quasi-totalité du gaz naturel produit au Canada est transportée sur de longues distances par des gazoducs à haute pression de grand diamètre, entre les zones de production et de traitement dans les champs et les points d'entrée des réseaux de distribution locaux ou les grands consommateurs comme les centrales électriques et les usines de produits chimiques. Pour accroître la fiabilité de l'approvisionnement à longueur d'année, le gaz est injecté dans des installations de stockage souterraines en été lorsque la demande est faible, et en est retiré en hiver lorsque la demande de chauffage des locaux augmente. La plupart des émissions associées au transport du gaz naturel et aux installations de stockage proviennent des fuites d'équipement et de l'évacuation par les bouches d'aération.

3 En vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (LCPE), le *Règlement sur la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont)*, DORS/2018-66 (le « règlement fédéral sur le méthane ») a été publié dans la partie II de la Gazette du Canada le 26 avril 2018 (vol. 152, nº 1). Le règlement est entré en vigueur le 1er janvier 2020, à l'exception des articles 26, 27 et 37 à 41, qui sont entrés en vigueur le 1er janvier 2023. L'article 10 de la LCPE autorise le ministre de l'Environnement à conclure un accord d'équivalence avec un gouvernement provincial, territorial ou autochtone si les dispositions en vigueur sur son territoire sont équivalentes à celles d'un règlement adopté en vertu de la LCPE.

Des accords d'équivalence à l'égard du règlement fédéral sur le méthane ont été conclus avec l'Alberta (ECCC, 2020a), la Colombie-Britannique (ECCC, 2020b) et la Saskatchewan (ECCC, 2020c).

Méthodologie

Général

Le calcul des émissions fugitives lors du transport du gaz naturel repose sur plusieurs documents. Le premier, *CH_4 and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry Draft Report* (ACPP, 1999), a été préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'ACPP en juillet 1999. Le second document consiste en une série de tableaux auxiliaires qui décrivent les émissions de CO_2, fournis par Clearstone Engineering Ltd. Le transport du gaz naturel ne produit aucune émission fugitive de N_2O. Les émissions de CO_2 et de CH_4 pour la période 1990 à 1996 sont tirées directement des deux sources consultées pour toutes les émissions fugitives, à l'exception des fuites d'équipement. Les émissions de CO_2 et de CH_4 par le torchage, l'évacuation, les déversements et les ruptures de pipelines pour la période 1997 à 1999 ont été estimées selon la longueur et les taux de libération des gazoducs dans chaque province et territoire. Cette information est dérivée des émissions de 1996 (ACPP, 1999); les données sur la longueur des gazoducs proviennent de Statistique Canada.

Pour les années 2005 et 2011, les émissions sont tirées de l'étude du PGA (EC, 2014), qui recourait à une méthode de Niveau 3 du GIEC cumulant les émissions de GES déclarées par chaque entreprise de gaz naturel. Les données saisies au sujet de l'industrie du transport et du stockage du gaz naturel ont été regroupées par ORTECH Consulting Inc. (2013) pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI). Le CEPEI, un programme spécial de l'Association canadienne du gaz, est une collaboration entre les principales entreprises de transport et de distribution de gaz naturel du Canada (Alberta, Colombie-Britannique, Manitoba, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Ontario, Québec et Saskatchewan). Les entreprises participantes sont censées être responsables de plus de 99 % des émissions de GES provenant des réseaux de transport et de distribution de gaz naturel au Canada (ORTECH, 2015–). Les données relatives aux années 2000–2004, 2006–2010 et à partir de 2012 ont été fournies directement par le CEPEI (2013–), là aussi à partir d'une méthode de Niveau 3 du GIEC. Pour soutenir ce processus, le CEPEI a publié des lignes directrices facultatives pour ses entreprises membres pour la déclaration des émissions. Ce guide a été régulièrement mis à jour pour intégrer les résultats d'études de terrain pertinentes et pour s'assurer que les méthodologies proposées reflètent les caractéristiques du secteur canadien du transport de gaz.

Les émissions ont été calculées pour chaque province et territoire, puis additionnées afin d'obtenir les émissions totales de CO_2 et de CH_4 au Canada. Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, le Yukon et le Nunavut ne possèdent pas de gazoducs pour le transport du gaz naturel. Toutefois, de lignes de collecte de gaz naturel étaient opérationnelles au Yukon avant 2014, date à laquelle la production de gaz naturel a commencé, et les émissions fugitives de ces conduites sont prises en compte dans la catégorie 1.B.2.b.2 – Gaz naturel – Production, dans les TCD.

Aucun gazoduc n'était opérationnel en Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick et dans les Territoires du Nord-Ouest avant 1999.

Tout comme pour le transport de gaz naturel, les données sur les émissions fugitives provenant du stockage de gaz naturel sont tirées de l'étude PGA (EC, 2014) pour les années 2005 et 2011. Les données relatives aux années 2000–2004, 2006–2010 et à partir de 2012 ont été fournies directement par le CEPEI (2013–).

Fuites provenant de l'équipement

Entre 2004 et 2011 et à partir de 2015, les émissions provenant des fuites d'équipement, des joints d'étanchéité de compresseurs et des appareils pneumatiques sont estimées selon la méthodologie générale décrite dans la section précédente. Pour la période allant de 1990 à 2003, des ajustements aux estimations des émissions de fuites provenant de l'équipement fournies par l'ACPP (1999) et une combinaison d'approches d'interpolation et d'extrapolation étaient nécessaires pour fournir une série chronologique cohérente pour les fuites provenant de l'équipement en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Québec. L'étude de l'ACPP (1999) a présenté des estimations détaillées pour le secteur du transport du gaz naturel pour 1995. À la suite d'un examen et d'une discussion avec des experts techniques du CEPEI, les émissions de fuites provenant de l'équipement pour 1995 ont été calculées à l'échelle nationale en utilisant la procédure établie dans l'étude de l'ACPP (1999), mais plutôt avec les CE du CEPEI (2016). En 1995, il a été déterminé que les CE du CEPEI (2016) étaient plus représentatifs des configurations d'installations, car les dénombrements d'équipement utilisés pour établir les taux de fuite moyens des installations étaient basées sur des résultats d'enquêtes réelles, tandis que les CE de l'ACPP s'appuyaient principalement sur des hypothèses en génie pour estimer les installations typiques. Les estimations provinciales des fuites provenant de l'équipement de l'ACPP (1999) ont ensuite été multipliées par le ratio national des émissions ajustées aux émissions initiales afin d'adapter les valeurs provinciales en conséquence.

Pour établir une série chronologique complète, les estimations ajustées pour 1995 ont servi de base pour interpoler les émissions pour 1996 à 2023 à l'échelle provinciale à l'aide de la méthode de calage (Équation A3.2–6) avec la longueur des pipelines comme facteur d'activité et les données du CEPEI de 2004 comme deuxième inventaire de base. Les émissions pour 1990 à 1994 ont été estimées en extrapolant linéairement l'intensité des GES sur une base des émissions par kilomètre de pipeline à partir de 1995, puis en multipliant le résultat par les données provinciales annuelles sur la longueur des pipelines, fournies par Statistique Canada. Cette approche a été préférée à une extrapolation linéaire des émissions, car l'étude de l'ACPP (1999) indique que les émissions déclarées ont diminué de 1990 à 1995 (ACPP, 1999), et la tendance qui en résulte est conforme à la diminution des émissions entre 1995 à 2004.

À la suite des efforts d'atténuation des émissions provenant des joints d'étanchéité de compresseurs et d'appareils pneumatiques, les études coordonnées par le CEPEI ont permis de mettre à jour les CE utilisés par une grande partie des opérateurs déclarants leurs émissions pour 2015. Bien que cette mise à jour ait amélioré l'exactitude des estimations d'émissions, cela a entraîné une discontinuité dans la méthodologie, car les estimations pour les années précédentes n'ont pas été révisées. Pour résoudre les problèmes de cohérence des séries chronologiques que ce changement de déclaration a introduit, les fuites provenant des équipements, les appareils pneumatiques et les joints d'étanchéité de compresseurs pour la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan, le Manitoba, l'Ontario et le Québec entre 2012 et 2014 ont été interpolés à l'aide de la méthode de calage (Équation A3.2–6), avec les estimations de l'étude du PGA (EC, 2014) pour 2011 et les données du CEPEI pour 2015 en tant qu'inventaires de base. Il a été déterminé que les données de 2011 reflétaient avec précision les émissions à l'époque. L'extrapolation des émissions de fuites provenant des équipements de 1990 à 1994 et l'interpolation en 1996-2003 et 2012-2014 permettent aux estimations disponibles les plus robustes de former la base d'une série chronologique cohérente, conformément au volume 2, section 4.2.2.6 de Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006).

Données sur les activités

L'estimation des émissions fugitives provenant du transport de gaz naturel pour 1990–2003 et 2012–2014 est basée sur les données annuelles relatives à la longueur des pipelines qui ont servi au transport du gaz naturel pour chaque région. Les données sur la longueur des gazoducs étaient publiées chaque année par Statistique Canada dans son document *Transport et distribution du gaz naturel*. Statistique Canada a mis fin à cette publication, mais continue de recueillir les données et les communique à ECCC (Statistique Canada, 2024). Cependant, l'information sur la longueur des gazoducs n'était disponible que jusqu'à l'année 2022; les longueurs de gazoducs pour 2023 et 2024 ont donc été estimées. Pour le Québec, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta, la Colombie-Britannique et les Territoires du Nord-Ouest, les longueurs de gazoducs pour 2023-2024 ont été estimées en fonction du changement annuel moyen de longueur entre 2000 et 2022. Les valeurs de 2023-2024 étaient présumées les mêmes que celles de 2022 pour le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, puisque les longueurs des gazoducs n'y ont pas changé depuis 2003 et 2002, respectivement. Bien que l'existence des données sur les émissions du CEPEI signifie que les longueurs de gazoducs ne sont pas nécessaires à l'estimation des émissions au-delà de 2014, elles sont toujours compilées à des fins d'analyse et déclarées comme des données sur les activités au niveau national dans la catégorie 1.B.2.b.iv des TCD.

Pour le stockage de gaz naturel, les volumes annuels de gaz naturel transporté vers le lieu de stockage et le volume retiré de ce lieu sont tirés d'*Entreposage du gaz naturel canadien, Canada et provinces* (Statistique Canada, s.d. [f]) pour 2015 et les années ultérieures, et de *Gaz naturel, arrivages et utilisation, mensuel* (Statistique Canada, s.d. [g]) pour les données avant 2015.

A3.2.2.3. Raffinage du pétrole

Le modèle de raffinage est basé sur le document intitulé *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production* (ICPP, 2004), préparé en 2004 par la firme Levelton Consultants Ltd. pour l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP), Ressources naturelles Canada (RNCan), Environnement Canada et Industrie Canada. Cette étude, fruit d'un sondage effectué auprès de l'industrie du raffinage, utilise les données recueillies ainsi que d'autres données du Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC), pour élaborer des estimations des émissions de GES pour 1990 et pour la période 1994–2002. De plus, les données déclarées par les installations (DDI) présentes dans le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, s.d.) à partir de 2005 ont servi à compiler les GES associés aux activités de torchage.

La présente discussion sur la méthodologie utilisée pour les raffineries se divise en trois parties : les émissions fugitives (rejets accidentels), l'évacuation (émissions attribuables aux procédés) et le torchage. La méthodologie utilisée pour les émissions de la combustion est présentée à l'Annexe 3.1 du Rapport d'inventaire national.

La méthodologie de combustion à l'Annexe 3.1 est également l'approche utilisée pour estimer les émissions d'évacuation propres à la combustion du coke de pétrole pendant les processus de régénération des catalyseurs. Le catalyseur des unités de cokéfaction des raffineries est désactivé par la formation de coke de pétrole et doit être régénéré par une combustion continue ou périodique. Les émissions associées à ce processus sont affectées au processus d'évacuation.

Méthodologie

Émissions fugitives

Les CE du CO_2 et du CH_4, élaborés par Levelton Consultants Ltd., ont été présentés dans l'étude sur les raffineries (ICPP, 2004). Ces CE sont utilisés pour estimer les émissions fugitives des années qui ne sont pas incluses dans l'étude, soit 1991–1993 et à partir de 2003.

Les émissions fugitives sont calculées à l'aide de l'Équation A3.2–18 :

Équation A3.2–18

$$\textit{Émissions fugitives de GES (t)} = \textit{Coefficient d'émission (t/GJ)} \times \textit{Consommation annuelle d'énergie des raffineries (GJ)}$$

Coefficient d'émission = 2,78 t CO_2/GJ pour le CO_2 et 11,89 t CH_4/GJ pour le CH_4

Consommation annuelle d'énergie des raffineries (en GJ) = somme de l'énergie de tous les carburants consommés par les raffineries et inclus dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, s.d. [b]), y compris les carburants présentés dans le tableau des produits pétroliers raffinés, sous la rubrique « autoconsommation » — la consommation d'énergie est la même que celle du modèle de combustion fixe utilisé à la section 1.A.1.b (raffinage du pétrole dans le tableau des catégories des TCD)

Les émissions de N_2O pour 1990 et pour la période 1994–2002 déclarées dans l'étude sur les raffineries sont restées constantes à 100 t N_2O/an; toutefois, il n'y avait pas suffisamment de données pour permettre d'élaborer un CE applicable à ces émissions. Par conséquent, les émissions de N_2O ont été maintenues à un niveau constant de 100 t N_2O/an pour les années 1991–1993 et à partir de 2003. Il a été présumé que les émissions de N_2O indiquées dans l'étude des raffineries sont des émissions résiduelles provenant de sources de combustion, et que la majeure partie des émissions de N_2O dues au raffinage du pétrole ont été correctement déclarées dans la section sur les sources de combustion stationnaires de l'inventaire.

Émissions des procédés (évacuation)

Les émissions des procédés sont surtout dues à l'évacuation de CO_2 lors de la production d'hydrogène avec le gaz naturel comme matière première.

L'hydrogène est utilisé comme composante dans la production de produits pétroliers raffinés (PPR) comme l'essence et le diesel. Au moyen de données fournies par l'étude des raffineries pour les années 1990, 1994–1998 et 2000–2002, les émissions de CO_2 attribuables à la production d'hydrogène ont été mises en corrélation avec la production annuelle de PPR des raffineries. Ces résultats ont été utilisés pour estimer les émissions de CO_2 des années 1991–1993 et 1999 et à partir de 2003.

Émissions produites par torchage

Les émissions produites par torchage ont été déterminées pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O au moyen des estimations contenues dans l'étude des raffineries et de la production de PPR des raffineries canadiennes. L'étude a fourni les émissions pour les années 1990, 1994–1998 et 2000–2002; ces émissions ont été mises en corrélation avec la production annuelle de PPR des raffineries. Les émissions produites par torchage des années 1991–1993 et 1999 et à partir de 2003 ont été estimées à l'aide de cette corrélation et des données sur la production connue de PPR. Pour les années 2005 à 2024, les émissions produites par torchage ont été compilées en fonction des données déclarées par les raffineries au PDGES canadien (ECCC, s.d.), alors qu'une méthode d'interpolation a servi à calculer les émissions de 2004.

Les installations de raffinage du pétrole doivent respecter les exigences du PDGES en matière de déclaration, de même que des méthodes de quantification, de mesure et d'échantillonnage précises en ce qui a trait aux propriétés et aux quantités de combustible (ECCC, 2024). Ces exigences garantissent l'exactitude des données déclarées. Par exemple, les installations doivent respecter la *Loi des poids et mesures* du Canada (L.R.C. [1985], ch. W-6), qui établit les normes relatives aux mesures pour garantir un certain degré d'exactitude (p. ex. ± 2 %), donc protéger les consommateurs et acheteurs de produits par poids, volume ou unité d'énergie (p. ex. kWh, pouvoir calorifique supérieur).

Données sur les activités

Les données sur les activités présentées au Tableau A3.2–30 ont servi au calcul des émissions fugitives des raffineries :

Tableau A3.2–30 **Source des données sur les méthodes des raffineries**

Origine	Publication	Données sur les activités
Statistique Canada	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (BDEE) (Statistique Canada, 1990–)	Consommation annuelle d'énergie des raffineries et des producteurs (par raffinerie) Production des PPR par des raffineries
Institut canadien des produits pétroliers (ICPP)	*Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production, Levelton Consultants Ltd (ICPP, 2004)*	Émissions fugitives Tableau 3–2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP – détaillé (kilotonnes) Émissions attribuables aux procédés Tableau 3–2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP – détaillé (kilotonnes)
		Émissions par torchage de 1990 à 2003 Annexe E – Gaz de torche
Environment et Changement climatique Canada	Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, s.d.)	Émissions par torchage Émissions de GES déclarées par les installations de raffinage de pétrole de 2005 à 2024

A3.2.2.4. Distribution du gaz naturel

Les gazoducs de distribution du gaz naturel recueillent le gaz haute pression des gazoducs de transport, en réduisent la pression et le distribuent dans les conduites principales souterraines et les conduites de branchement des utilisateurs finaux individuels. Les émissions sont surtout attribuables aux fuites fugitives provenant de l'équipement et à l'évacuation par les bouches d'aération dans les canalisations, les stations de comptage et les postes régulateurs, le stockage en surface à court terme et les compteurs résidentiels, commerciaux et industriels.

Méthodologie

Général

Pour la période de 1990 à 1999, les émissions fugitives provenant de l'évacuation, du torchage et des déshydrateurs de glycol de la distribution de gaz naturel sont basées sur un rapport de l'Association canadienne du gaz (ACG) intitulé *1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry* (ACG, 1997) et sur le rapport du Gas Research Institute (GRI) intitulé *Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada* (GRI, 2000). L'étude de l'ACG estimait les émissions de l'industrie canadienne des gazoducs pour les années 1990 et 1995 à l'aide d'une méthode de Niveau 3 du GIEC. Le calcul des émissions se faisait d'après les CE de l'EPA des États-Unis, d'autres sources publiées et des estimations techniques. Les données sur les activités provenaient de sources publiées et d'enquêtes spécialisées auprès des compagnies de matériel de distribution du gaz. Les enquêtes contenaient des informations sur les nomenclatures d'équipement, les paramètres d'utilisation du matériel, les longueurs de gazoducs dans le réseau de distribution canadien, etc. Le rapport du GRI (2000) est une mise à jour de l'étude de l'ACG (1997) qui présente des données plus précises et complètes en ce qui concerne les fuites d'évacuation aux installations. Un CE a été établi pour le réseau de distribution à partir des données d'étude (ACG, 1997 et GRI, 2000) et des longueurs de gazoduc par province (selon Statistique Canada), ce qui a permis d'estimer les émissions pour la période de 1990 à 1999.

Pour l'année 2000 et les années suivantes, les émissions sont basées sur les données de l'étude PGA (EC, 2014), qui recourait à une méthode de Niveau 3 du GIEC cumulant les émissions de GES déclarées par chaque entreprise de gaz naturel pour 2005 et 2011. Les données saisies au sujet de l'industrie de la distribution du gaz naturel ont été regroupées par ORTECH Consulting Inc. (2013) pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI). Les données relatives aux années 2000–2004, 2006–2010 et à partir de 2012 ont été fournies directement par le CEPEI (2013−), là aussi à partir d'une méthode de Niveau 3 du GIEC.

Les émissions fugitives attribuables à la distribution du gaz naturel pour chacune des provinces ont d'abord été estimées, puis additionnées afin d'obtenir les émissions totales pour le Canada. À l'heure actuelle, il n'y a aucun gazoduc de distribution dans les provinces et territoires suivants : Terre-Neuve-et-Labrador, Île-du-Prince-Édouard, Nunavut et Yukon.

Fuites provenant de l'équipement

L'étude du GRI (2000) n'a pas abordé les émissions provenant des fuites fugitives d'équipement dans le secteur de la distribution de gaz présenté dans l'étude de l'ACG (1997). À la suite de consultations avec des représentants du CEPEI, ECCC a déterminé que les estimations des fuites provenant des équipements dans l'étude de l'ACG (1997) n'étaient pas représentatives du secteur au Canada, puisque l'étude utilisait des CE et d'autres renseignements provenant du secteur de la distribution de gaz aux États-Unis. Notamment, la fonte est un matériau qui fuit à des taux moyens plus élevés que les autres matériaux de canalisation (ORTECH, 2015–), et le réseau de distribution de gaz des États-Unis comprenait une plus grande proportion de pipelines en fonte qu'au Canada en 1990 et en 1995. Dans les données plus récentes du CEPEI (EC, 2014 ; CEPEI, 2013−), les entreprises canadiennes de distribution de gaz ont été encouragées à utiliser des informations spécifiques à l'entreprise lors de la déclaration des émissions au CEPEI via ORTECH, ou bien le CEPEI a fourni aux déclarants des CE génériques pour les fuites provenant des équipements, élaborés sur la base des données canadiennes (CEPEI, 2016). Afin de fournir une série chronologique cohérente et représentative pour les provinces où le secteur de la distribution de gaz existait en 1990, les émissions liées aux fuites provenant des équipements ont fait l'objet d'une analyse rétrospective pour 1990-2004 en utilisant les estimations de 2005 d'EC (2014) comme base et la longueur des gazoducs comme facteur d'activité (Équation A3.2–5).

Comme pour le secteur du transport de gaz, les estimations pour 2012-2014 ont été interpolées par calage (Équation A3.2–6). L'interpolation a été utilisée dans ce cas pour remédier à une discontinuité dans les données déclarées par le CEPEI en 2015, lorsqu'une proportion importante des déclarants a adopté des CE mis à jour pour l'ensemble de compteurs résidentiels et les fuites de gazoducs et lorsque les estimations antérieures n'ont pas été révisées.

Les conduites de distribution de gaz en fonte ont été entièrement mises hors services au Canada en 2013 (ACG, 2022 ; Enbridge, 2019). Pour tenir compte de l'enlèvement des canalisations en fonte, les longueurs nationales de ces dernières ont été estimées à l'aide d'informations publiques sur les différents matériaux utilisés au Canada (ACG, 2022 : Enbridge, 2019). Les fuites des conduites de distribution en fonte ont ensuite été estimées en multipliant l'estimation de la longueur annuelle des conduites par le CE de CH_4 généralisé du CEPEI de 2,886 tonnes/km/an (CEPEI, 2022), avant d'estimer les émissions de CO_2 à l'aide des compositions représentatives du gaz naturel canadien (EC, 2014). Les totaux résultants ont été divisés par province en fonction de la longueur des canalisations de distribution de gaz de Statistique Canada (2024) et ajoutés aux estimations des fuites provenant de l'équipement. Cette révision ne s'applique pas au Nouveau-Brunswick, à la Nouvelle-Écosse ou aux Territoires du Nord-Ouest, car aucune nouvelle canalisationen fonte n'a été installée au moment où les réseaux de distribution de gaz ont été mis en place dans ces régions (CEPEI, 2022).

Données sur les activités

Les données requises sur les activités sont la longueur des canalisations de distribution par province, lesquelles étaient auparavant publiées dans le rapport de Statistique Canada intitulé *Transport et distribution du gaz naturel*. Statistique Canada a interrompu la publication en 2003, mais continue de recueillir les données et de les transmettre à ECCC (Statistique Canada, 2024). Cependant, les longueurs des canalisations n'ont été fournies que jusqu'en 2021 inclusivement; par conséquent, les longueurs des canalisations de 2023-2024 pour toutes les provinces ont été estimées au moyen des variations de longueurs relevées entre 2021 et 2022. Il n'est pas nécessaire de connaître la longueur des canalisations de distribution de gaz naturel pour estimer les émissions au-delà de 2014, mais des estimations des années plus récentes sont compilées à des fins d'analyse et déclarées comme des données sur les activités au niveau national dans la catégorie 1.B.2.b.v des TCD.

Pour le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, les longueurs des canalisations pour la période de 2000 à 2006 ont été fournies par Enbridge Gas New Brunswick[4] et Heritage Gas[5], respectivement. Dans les Territoires du Nord-Ouest, le gazoduc Ikhil a commencé à fournir du gaz naturel à Inuvik en 1999. Les longueurs des canalisations de distribution pour 1999–2006 ont été estimées en fonction des changements relevés entre 2007 et 2008.

La longueur des canalisations en 2007 pour la Colombie-Britannique fournie par Statistique Canada était deux fois plus grande que la valeur de 2006. Statistique Canada a confirmé que les données de 2006 et des années précédentes étaient erronées, mais n'a pas pu fournir de données corrigées. La valeur de 1999 était présumée bonne, et une tendance linéaire a été utilisée pour estimer les valeurs de 2000 à 2006.

A3.2.2.5. Industrie des sables bitumineux et de la valorisation du pétrole lourd

L'industrie des sables bitumineux et de la valorisation du pétrole lourd (SB/VPL) produit du pétrole brut synthétique et d'autres produits du bitume. Le bitume est une substance visqueuse naturelle formée d'hydrocarbures plus lourds que le pentane et d'autres contaminants, comme des composés soufrés. Dans son état naturel, il ne peut s'écouler dans un réservoir ou sur la surface. Le bitume est au bas de l'échelle des pétroles bruts lourds, et est parfois appelé pétrole brut ultra-lourd. Le terme « sables bitumineux » est utilisé par le gouvernement de l'Alberta pour désigner certaines régions de l'Alberta où se trouvent des concentrations des sables bitumineux et des dépôts d'autres types de pétrole lourd brut. Les sables bitumineux sont un mélange non consolidé de sable, d'argile, d'eau et de bitume.

Dans cette région, le bitume est extrait dans des mines de sables bitumineux à ciel ouvert ou dans des installations situées sur place, à l'aide de techniques d'extraction thermique. Les émissions attribuables à l'extraction du bitume sur place sont calculées dans l'étude PGA (ACPP, 2005a). Deux rapports distincts, *A National Inventory of GHGs, CACs and H_2S Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry: 1990 to 2003* (ACPP, 2006) (ci-après appelé l'étude sur le bitume) et préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP), et une mise à jour de l'étude réalisée en 2017 par Clearstone pour ECCC intitulée *An Inventory of GHGs, CACs, and Other Priority Emissions by the Canadian Oil Sands Industry : 2003 to 2015* (ECCC, 2017) (ci-après appelée l'étude sur les sables bitumineux), incluent les émissions fugitives attribuables à l'extraction, au traitement et à la valorisation du bitume et du pétrole lourd.

4 Enbridge Gas New Brunswick. 2010. Communication personnelle (courriel daté du 7 décembre 2010 de L. Nicholson, coordonnateur des communications, Enbridge Gas New Brunswick, à S. Smyth, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement Canada).

5 Heritage Gas. 2010. Communication personnelle (courriel daté du 7 décembre 2010 de J. Bracken, président, Heritage Gas, à S. Smyth, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement Canada).

En général, l'étude sur le bitume (ACPP, 2006) est la source des données utilisées pour le calcul des estimations des émissions fugitives pour la période 1990–2003, et l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017) est la source des estimations des émissions fugitives pour la période 2004–2023 pour l'industrie des SB/VPL. Les principales sources d'émissions de l'industrie des SB/VPL sont :

- les émissions attribuables au procédé de reformage à la vapeur du gaz naturel afin de produire de l'hydrogène pour la valorisation
- le CH_4 présent dans les dépôts de sables bitumineux et émis lors de l'extraction, de l'assèchement des puits de mine et de la manutention du minerai
- la volatilisation des hydrocarbures provenant des sables bitumineux exposés et celle causée par le transport et la manutention des sables bitumineux
- la formation de gaz biogène (surtout du CH_4) dans les bassins de résidus
- la volatilisation et la décomposition du bitume résiduel et du diluant, qui persistent jusqu'aux bassins de résidus
- les fuites attribuables à l'équipement, au dégazage, au torchage et aux pertes durant le stockage dans les installations de préparation, d'extraction et de valorisation du minerai et leurs usines de génération et de cogénération
- les déversements et les émissions accidentels
- les sources secondaires, comme les installations de traitement des effluents, les sites d'enfouissement, les chantiers, les activités manufacturières, les parcs de véhicules, les avions d'affaires, ainsi que les bateaux et les dragues utilisés sur les bassins de résidus miniers

Étude sur le bitume : estimation des émissions pour la période 1990–2003

L'étude sur le bitume (ACPP, 2006) compile les inventaires de Niveau 3 d'installations de l'industrie des SB/VPL de 1990 à 2003. Le Tableau A3.2–31 énumère les installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude.

Les limites géographiques des installations ont été déterminées de façon à prendre en compte toutes les émissions, y compris celles des usines de cogénération.

L'étude sur le bitume (ACPP, 2006) se base sur les données d'émissions contenues dans les rapports des différentes installations, dans la mesure du possible. Ces données ont été comparées à celles des inventaires et aux données transmises au ministère de l'Environnement de l'Alberta. Sinon, les émissions ont été estimées en fonction des données sur les activités disponibles et sur les CE. Les émissions ont été estimées de deux façons. La première méthode, celle des CE, utilise les données sur les activités et des CE normalisés. Dans les cas où les données sur les activités n'étaient pas disponibles, la méthode de l'indice de CE a été utilisée. Pour plus de détails sur ces méthodes, consulter l'étude sur le bitume (ACPP, 2006).

Les sources des données sur les activités utilisées pour estimer les émissions sont les suivantes :

- renseignements sur les exploitants des installations
- statistiques sur l'énergie publiées par l'Alberta Energy Regulator (AER)
- résultats de la surveillance des émissions à la source transmis au ministère de l'Environnement de l'Alberta
- données des rapports des compagnies aux Mesures volontaires et Registre (MVR)
- dossiers des évaluations environnementales réalisées lors de demandes récentes de développement énergétique dans l'industrie des SB/VPL
- littérature

Pour plus de détails, consulter l'étude sur le bitume (ACPP, 2006).

Tableau A3.2–31 **Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur le bitume (ACPP, 2006)**

Exploitant	Nom de l'installation
Husky Energy Inc.	Installation de valorisation de Lloydminster
Consumer's Co-operative Refineries Ltd.	Installation de valorisation de Regina
Suncor Énergie Inc.	Tar Island
Syncrude Canada Ltd.	Mildred Lake et Aurora

Étude sur les sables bitumineux : estimation des émissions pour la période 2003–2024

L'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017) est un inventaire des émissions de Niveau 3 pour les installations de l'industrie des SB/VPL réalisé pour l'année de référence 2015. Elle a servi de fondement pour extrapoler les émissions futures et passées. Lorsque des exploitants pouvaient fournir des rapports sur les émissions des installations, l'extrapolation n'était pas nécessaire et les émissions réelles étaient utilisées. Ces rapports sur les émissions étaient vérifiés par Clearstone Engineering Ltd. Le Tableau A3.2–32 est une liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude.

L'installation de valorisation de Regina exploitée par Consumers' Co-operative Refineries Limited a été exclue de l'étude sur les sables bitumineux, car elle est définie strictement comme une raffinerie, même si la valorisation de pétrole lourd y est effectuée. Les activités de la raffinerie ont commencé en 1935 et les unités de valorisation ont été ajoutées en 1988. Elle a été incluse dans l'étude sur le bitume (ACPP, 2006) en raison de ses capacités de valorisation du pétrole lourd. Les émissions fugitives de cette installation sont estimées à l'aide du modèle de raffinerie (voir la section A3.2.2.3).

En 2016, l'usine d'extraction d'hydrocarbures liquides d'Horizon exploitée par Inter Pipeline Offgas Ltd. est entrée en service. Les émissions de cette installation ont été estimées à l'aide des données sur les émissions de l'usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor (ECCC, 2017) et des données sur les activités au niveau de l'installation (AER, 1990–) pour les deux installations. Cette méthode est justifiée en raison des activités semblables dans les deux installations. À la fin de 2017, la mine de Fort Hills est entrée en service. L'estimation des émissions de cette installation a été établie à l'aide des données sur les émissions déclarées au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, 2024).

Selon le moment où une installation a commencé ses activités, les émissions ont été estimées à l'aide de données de l'étude sur le bitume (ACPP, 2006), de l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017), ou des deux. Le Tableau A3.2–33 présente l'étude utilisée pour estimer les émissions de chaque année de la série chronologique de chaque installation.

Tableau A3.2–32 **Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur les sables bitumineux d'ECCC (ECCC, 2017)**

Exploitant	Nom de l'installation	Activités d'exploitation des sables bitumineux
Suncor Énergie Inc.	Mines et installation de valorisation de Millennium et de Steepbank	Installation intégrée d'extraction et de valorisation
Syncrude Canada Ltd.	Mines et installation de valorisation de Mildred Lake et d'Aurora	
Canadian Natural Resources Ltd.	Mine et installation de valorisation de Horizon	
Husky Energy Inc.	Installation de valorisation de Lloydminster	Valorisation
Shell Canada Énergie	Installation de valorisation de Scotford	
Nexen Energy ULC	Installation de valorisation de Long Lake	
Pétrolière Impériale Ressources	Mine Kearl	Exploitation minière et traitement du minerai
Canadian Natural Upgrading Ltd.	Mine de la rivière Muskeg et mine Jackpine	
Aux Sable Canada Ltd.	Usine de dégazage Heartland	Extraction d'hydrocarbures liquides
Inter Pipeline Offgas Ltd.	Usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor	

Tableau A3.2–33 **Fondement des estimations des émissions pour chaque installation de l'industrie des SB/VPL**

Exploitant	Nom de l'installation	Étude sur le bitume	Étude sur les sables bitumineux
Suncor Énergie Inc.	Mines et installation de valorisation de Millennium et de Steepbank	1990–2003	2004–2024
Syncrude Canada Ltd.	Mines et installation de valorisation de Mildred Lake et d'Aurora	1990–2003	2004–2024
Husky Energy Inc.	Installation de valorisation de Lloydminster	1992–2003	2004–2024
Canadian Natural Upgrading Ltd.	Mine de la rivière Muskeg et mine Jackpine	-	2002–2024
Shell Canada Énergie	Installation de valorisation de Scotford	-	2003–2024
Inter Pipeline Offgas Ltd.	Usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor	-	2003–2024
Canadian Natural Resources Ltd.	Mine et installation de valorisation de Horizon	-	2008–2024
Nexen Energy ULC	Installation de valorisation de Long Lake	-	2009–2024
Aux Sable Canada Ltd.	Usine de dégazage Heartland	-	2011–2024
Pétrolière Impériale Ressources	Mine Kearl	-	2013–2024
Inter Pipeline Offgas Ltd.	Usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Horizon	Les estimations des émissions pour 2016–2024 ont été établies à l'aide des données sur les émissions de l'usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor (ECCC, 2017) et des données sur les activités au niveau de l'installation (AER, 1990–).	
Fort Hills Energy Corporation	Mine de Fort Hills	Les estimations des émissions pour 2017–2024 ont été établies à l'aide des données déclarées au Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre (ECCC, s.d.).	

Méthode d'extrapolation des estimations d'émission

Le modèle sur les sables bitumineux permet d'estimer les émissions pour l'industrie des SB/VPL pour 2003–2023 en multipliant les données sur les émissions pour l'année de référence (c'est-à-dire 2015) par le ratio qui existe entre les données sur les activités de l'année non inventoriée et les données sur les activités de l'année de référence, comme le montre l'Équation A3.2–19. Les données sur les émissions pour l'année de référence ont été tirées de l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017).

Équation A3.2–19

$$TE_{i,j}^{k} = TE_{i,j}^{an\ réf} \times \left(\frac{CA_{j}^{k}}{CA_{j}^{an\ réf}} \right)$$

$TE_{i,j}^{k}$ = taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année k (t/an)

$TE_{i,j}^{an\ réf}$ = taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année de référence (p. ex., 2015) (t/an)

CA_{j}^{k} = coefficient d'activité pour la source j et l'année k

$CA_{j}^{an\ réf}$ = coefficient d'activité de l'année de référence (p. ex., 2015) pour la source j

Données sur les activités

Le Tableau A3.2–34 énumère les données sur les activités utilisées pour estimer les émissions fugitives pour chaque activité d'exploitation des sables bitumineux et sous-catégorie d'émissions.

A3.2.2.6. Puits de pétrole et de gaz abandonnés

Lorsqu'un puits de pétrole ou de gaz atteint sa fin de vie productive, l'exploitant du puits doit l'abandonner adéquatement en retirant tout l'équipement et en le bouchant. Cela est effectué pour prévenir les fuites de gaz du puits et prévenir la migration du pétrole et du gaz vers des couches avoisinantes. Cependant, du CH_4 peut être émis dans l'atmosphère même lorsque les pratiques exemplaires liées à l'abandon des puits sont suivies. En outre, il existe des puits abandonnés qui n'ont pas été déclassés de façon appropriée, ce qui s'explique par plusieurs raisons, notamment l'abandon avant l'adoption d'un règlement et la faillite de l'exploitant du puits.

Tableau A3.2–34 **Données sur les activités requises pour le modèle des sables bitumineux**

Activités d'exploitation des sables bitumineux	Catégorie de la source	Sous-catégorie	Données sur les activités aux fins d'extrapolation
Extraction d'hydrocarbures liquides	Torchage et incinération	Toutes	Arrivage de gaz de procédé (AER, 1990–)
	Émissions fugitives	Fuites d'équipement	
	Évacuation	Toutes	
Exploitation minière et traitement du minerai	Torchage et incinération	Toutes	Production de bitume naturel (AER, 1990–)
	Émissions fugitives	Fuites d'équipement	
		Front d'avancement exposé	
		Autre	
		Pertes durant le stockage	
		Bassins de résidus	
	Émissions attribuables aux procédés	Récupération du soufre	
	Évacuation	Toutes	
Valorisation	Torchage et incinération	Toutes	Production de pétrole brut synthétique (AER, 1990– ; Husky Energy Inc., 1998-2019; Cenovus Energy, 2021–)
	Émissions fugitives	Fuites d'équipement	
		Autre	
		Déversements et ruptures de pipeline	
		Pertes durant le stockage	
	Évacuation	Toutes	
	Émissions attribuables aux procédés	Récupération du soufre	
		Production de H_2	

Il existe deux principales catégories de puits abandonnés : bouchés ou non bouchés. Les puits non bouchés sont des puits sans production récente (c'est-à-dire inactifs, temporairement abandonnés/dont l'exploitation est suspendue ou en suspens) ou sans exploitant (c'est-à-dire puits orphelins). Les puits bouchés sont des puits qui ont été bouchés à l'aide d'un bouchon en ciment ou mécanique afin de prévenir la migration des fluides. Des émissions s'échappent des puits bouchés et non bouchés, mais les émissions des puits non bouchés sont considérablement plus élevées que celles des puits bouchés. Les émissions varient également selon le type de production, un fait pris en compte par la méthode décrite ici, qui différencie les types de production à l'aide de l'information historique disponible sur les puits.

Méthode

Une méthode de Niveau 1 a été utilisée pour estimer les émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés à l'aide de l'Équation A3.2–20 :

Équation A3.2–20

$$TE_{i,}^{k} = \sum_{=1}^{n} CE_{i,l} \times Nbrepuits^{k}_{,l}$$

$TE_{i,j}^{k}$ = taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année k (t/an)

$CE_{i,l}$ = coefficient d'émission par puits abandonné pour le composé i et le type de puits l (t/an)

$Nbrepuits_{j,l}^{k}$ = nombre de puits pour la province j, type de puits l et année k

Coefficients d'émission

La méthode emploie une combinaison de CE de CH_4 propres à la région. Ces CE ont été établis à partir des résultats de plusieurs études sur le terrain menées au Canada et aux États-Unis, qui comprenaient toutes la mesure directe des émissions de puits abandonnés. La couverture géographique collective de ces études leur permet de fournir des CE nationaux et propres aux provinces pour les puits abandonnés au Canada. Les CE nationaux canadiens ont été élaborés par Williams et al. (2020) à l'aide des résultats de mesures de puits réalisées en Colombie-Britannique et au Nouveau-Brunswick ainsi que dans plusieurs régions des États-Unis. L'intégration de données de mesures faites aux États-Unis procure un échantillon plus volumineux et plus représentatif des émissions de puits abandonnés en Amérique du Nord. L'étude de Williams fournit également des CE pour la Colombie-Britannique. Des campagnes de mesures menées ultérieurement en Ontario (El Hachem et Kang, 2022) et en Alberta (Bowman et al., 2022) ont fourni des CE pour les puits abandonnés dans ces provinces. La méthode décrite ici utilise les CE provinciaux pour estimer les émissions des types de puits applicables en Colombie-Britannique, en Alberta et en Ontario, et applique les CE nationaux de Williams et al. à tous les autres puits abandonnés au Canada.

Le Tableau A3.2–35 montre les CE utilisés pour estimer les émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés, y compris les puits de production et les puits non producteurs servant à l'injection, au refoulement ou à d'autres fins auxiliaires. Les CE sont présentés selon l'état d'obstruction (puits bouché ou non bouché) et l'emplacement (sur terre ou au large). Pour les provinces où des données limitées sont accessibles sur l'état d'obstruction des puits, le CE pour l'état d'obstruction inconnu est utilisé.

Données sur les activités

Le nombre annuel de puits abandonnés par province a été établi à l'aide des sources de données indiquées dans le Tableau A3.2–36.

Le nombre de puits abandonnés pour chaque année de la série chronologique a été réparti en sous-catégories selon le type de puits (gaz naturel, pétrole brut ou autre), l'état du puits (bouché, non bouché ou inconnu) et l'emplacement (sur terre ou au large). De nombreuses suppositions ont été formulées pour déterminer l'état d'obstruction d'un puits.

- Un puits non bouché est un puits dont l'état est suspendu ou inactif.
- Un puits bouché est un puits dont l'état est abandonné, abandonné en fond de trou, ou inutile et abandonné.
- Tout puits au large qui est abandonné ou ne produit pas pendant une période prolongée est considéré comme bouché.
- Si l'état d'obstruction n'a pu être déterminé, il a été considéré comme inconnu et le CE correspondant a été utilisé pour estimer les émissions.

Dans le cas des Territoires du Nord-Ouest et de la Nouvelle-Écosse, ce niveau de désagrégation des données sur les activités n'était pas possible. Dans le cas des Territoires du Nord-Ouest, il n'existe aucune donnée publique sur les puits de pétrole et de gaz abandonnés et, par conséquent, il était difficile d'évaluer le nombre de puits abandonnés. Ainsi, les données de l'ACPP (ACPP, s.d. [a]; [b]) ont été utilisées pour estimer le nombre de puits abandonnés. Il est présumé que le nombre de puits abandonnés est la différence entre le nombre total de puits forés dans la province et le nombre de puits de pétrole et de gaz terminés dans la province. De plus, il est présumé que la durée de vie moyenne des puits terminés est de 20 ans. Dans le cas de la Nouvelle-Écosse, les données sur la production mensuelle par puits ont été utilisées pour déterminer la date d'abandon d'un puits. Il est présumé que les puits ont été abandonnés six mois après la dernière production.

Tableau A3.2–35 **Coefficients d'émission pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés**

Province / Territoire	Type de puits	État d'obstruction	Lieu	Coefficient (kg CH_4/puits/an)	Incertitude
AB	Pétrole brut	Bouché	Côtier	2,61	-75 % à 89 %
		Non bouché		13,8	-89 % à 129 %
	Gaz naturel	Bouché		1,49	-132 % à 232 %
		Non bouché		277	-99 % à 186 %
	Autre	Bouché		46,9	-100 % à 181 %
		Non bouché		5,92	-101 % à 201 %
BC	Pétrole brut	Bouché	Côtier	0,001	-100 % à 200 %
		Non bouché		0,849	-100 % à 195 %
	Gaz naturel	Bouché		6,07	-85 % à 151 %
		Non bouché		38,8	-100 % à 196 %
	Autre	Bouché		46,9	-100 % à 181 %
		Non bouché		2,24	-98 % à 165 %
MB	Pétrole brut	Bouché	Côtier	2	-74 % à 100 %
		Non bouché		37,6	-53 % à 64 %
NB	Pétrole brut	Bouché	Côtier	2	-74 % à 100 %
		Non bouché		37,6	-53 % à 64 %
	Gaz naturel	Bouché		6,07	-85 % à 151 %
		Non bouché		170	-81 % à 141 %
NL	Pétrole brut	Bouché	Extracôtier	0,04	-74 % à 100 %
		Non bouché		0,752	-53 % à 64 %
	Gaz naturel	Bouché		0,1214	-85 % à 151 %
NS	Pétrole brut	Bouché	Extracôtier	0,04	-74 % à 100 %
	Gaz naturel	Bouché		0,1214	-85 % à 151 %
NT	Pétrole brut	Inconnu	Côtier	2	-74 % à 100 %
	Gaz naturel	Inconnu		123	-100 % à 200 %
ON	Pétrole brut	Bouché	Côtier	2	-74 % à 100 %
		Non bouché		0,0674	-98 % à 172 %
	Gaz naturel	Bouché		8,15	-88 % à 157 %
		Non bouché		94,1	-68 % à 84 %
	Pétrole brut	Bouché	Extracôtier	0,04	-74 % à 100 %
	Gaz naturel	Bouché		0,163	-88 % à 157 %
		Non bouché		1,882	-68 % à 84 %
QC	Autre	Bouché	Côtier	46,9	-100 % à 181 %
SK	Pétrole brut	Bouché	Côtier	0,11	-95 % à 143 %
		Non bouché		64,2	-56 % à 68 %
	Gaz naturel	Bouché		6,07	-85 % à 151 %
		Non bouché		109	-88 % à 144 %
	Autre	Bouché		46,9	-100 % à 181 %
		Non bouché		0,116	-88 % à 132 %
YT	Gaz naturel	Bouché	Côtier	6,07	-85 % à 151 %
		Non bouché		170	-81 % à 141 %

Notes :
À moins d'indication contraire, les coefficients d'émission ont été directement tirés de Klotz et al. (2025).
Autre = puits de service, d'injection, de refoulement et autres puits auxiliaires non associés à la production de pétrole brut ou de gaz naturel.
Les coefficients d'émissions relatifs au pétrole brut s'appliquent aux puits abandonnés associés à tous les types de production de pétrole brut.
Les coefficients d'émission au large ont été établis en multipliant les coefficients d'émission sur terre correspondants par 0,02, ce qui suppose que 98 % du méthane émis par les puits au large se dissout dans l'eau de mer (GIEC, 2019).

Tableau A3.2–36 **Données sur les activités requises pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés**

Province/ Territoire	Source	Publication
AB	Alberta Energy Regulator	ST37 : List of Wells in Alberta (AER, s.d. [f])
BC	British Columbia Energy Regulator	Well Surface Hole Locations (BCER, s.d. [i])
SK	Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan	Le nombre de puits abandonnés a été fourni sur demandea
MB	Ministère Ministère du Développement économique, de l'Investissement, du Commerce et des Ressources naturelles du Manitoba	Petroleum Statistics, Unique Well Identifier Key List Report (MB EDITNR, s.d. [d])
ON	Ontario Oil, Gas & Salt Resource Library	Petroleum Well Data (OGSRL, s.d.)
NL	Régie Canada-Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière	Schedule of Wells Summary (RC-TNLEE, s.d. [c])
NS	Régie Canada-Nouvelle-Écosse de l'énergie extracôtière	Rapport de production du projet Cohasset Panuke (RCNEEE, 2019) Rapport de production du projet Sable Offshore (RCNEEE, 2019) Rapport de production du projet Deep Panuke (RCNEEE, 2019)
YT	Gouvernement du Yukon : Énerge, Mines et Ressources	Yukon Well Listing (YK, s.d. [b])
NT	Guide des statistiques de l'ACPP	Catégories des terres, de la prospection et du forage (ACPP, 2023) • Puits de pétrole terminés • Puits de gaz terminés • Puits forés
QC	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec	Rapport sur l'état des puits d'hydrocarbures inactifs au Québec (2021)
NB	Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick	New Brunswick Well Listing (NBRNDÉ, 2020)

Note :
a. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2025. Communication personnelle (courriel de S. Lamontagne à O. Barrigar, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 1er octobre 2025).

Pour les autres provinces (c'est-à-dire l'Alberta, la Colombie-Britannique, la Saskatchewan, le Yukon, le Manitoba, le Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve et l'Ontario), assez de renseignements étaient disponibles dans les ensembles de données provinciaux pour déterminer le nombre de puits abandonnés par type de puits, état et emplacement.

Parfois, le type de puits n'était pas connu. Dans ce cas, les émissions de ces puits sont attribuées au pétrole et au gaz en fonction du rapport connu entre les puits abandonnés de pétrole et les puits abandonnés de gaz au cours de la même année. Dans le même ordre d'idée, les émissions des puits non associés à la production (c.-à-d. autres) sont attribuées au pétrole et au gaz en fonction du rapport entre les puits de production de gaz et de pétrole ayant le même état (bouché, non bouché ou inconnu) au cours de la même année.

Il est estimé qu'en 2024, le nombre total de puits de gaz et de pétrole abandonnés au Canada s'élevait à environ 426 000, dont 22 % étaient considérés comme non bouchés.

A3.2.2.7. Émissions fugitives en aval du compteur

Comme le décrit la section A3.2.2.4, le secteur de la distribution du gaz naturel comprend les émissions produites jusqu'aux compteurs résidentiels, commerciaux et industriels, y compris celles provenant de ces compteurs. Les émissions fugitives en aval du compteur sont celles qui surviennent après les compteurs de gaz, notamment les fuites fugitives provenant des appareils au gaz naturel des secteurs résidentiel et commercial, les fuites des véhicules au gaz naturel et les fuites aux centrales électriques et aux installations industrielles qui consomment du gaz naturel.

Méthode

Une méthode de Niveau 1 a été utilisée pour estimer les émissions fugitives en aval du compteur à l'aide de l'Équation A3.2–21.

Équation A3.2–21

$$TE_{i,j,k} = \sum_{j=1}^{n} CE_véh_{i,j} \times N_véh_{j,k} + CE_app_{i,j,k} \times N_app_{j,k} + CE_ind_{i,j,k} \times N_ind_{j,k}$$

$TE_{i,j,k}$ = taux d'émission du composé i, pour la province j pendant l'année k (t/an)
$CE_véh_{i,j}$ = coefficient d'émission du composé i des véhicules alimentés au gaz naturel, pour la province j (t/an)
$N_véh_{j,k}$ = nombre de véhicules alimentés au gaz naturel dans la province j pendant l'année k
$CE_app_{i,j,k}$ = coefficient d'émission du composé i des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux, pour la province j et l'année k (t/an)
$N_app_{j,k}$ = nombre d'appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux dans la province j pendant l'année k
$CE_ind_{i,j,k}$ = coefficient d'émission des fuites du composé i dans les installations industrielles et les centrales électriques de la province j pendant l'année k (t/10^6 m^3 de gaz naturel consommé)
$N_ind_{j,k}$ = volume de gaz naturel consommé dans les installations industrielles et les centrales électriques de la province j pendant l'année k (10^6 m^3)

Coefficients d'émission

Des CE de Niveau 1 sont présentés dans le document *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2019); ils reposent sur une densité moyenne de 0,72 kg/m^3, une teneur en énergie de 35 MJ/m^3, une teneur en CO_2 de 0,9 % et une teneur en composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) de 2,8 %. Ces CE ont été adaptés aux contextes particuliers du Canada à l'aide des compositions, des densités et des teneurs en énergie moyennes annuelles des gaz dans chaque province et territoire, pour assurer la concordance avec les propriétés du gaz naturel commercialisable ayant servi à estimer les émissions de la combustion du gaz naturel. Pour en savoir plus sur les données employées relativement à la combustion du gaz naturel commercialisable, voir la section A6.1.1 de l'Annexe 6. À noter que le CE par défaut du GIEC de 0,3 kg de CH_4 par véhicule pour les véhicules alimentés au gaz naturel n'a pas été modifié. Les coefficients d'émissions fugitives de CH_4 en aval du compteur des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux sont présentés dans le Tableau A3.2–37, tandis que le Tableau A3.2–38 contient les coefficients d'émissions fugitives de CH_4 en aval du compteur découlant des fuites dans les usines industrielles et les centrales électriques.

Il est à noter que les émissions fugitives de CO_2 en aval du compteur ne sont pas estimées, car un facteur d'oxydation de 1 est utilisé pour calculer les émissions produites par la combustion de gaz naturel (Annexe 3.1).

Tableau A3.2–37 **Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux par année et par province ou territoire**

Année	Coefficient d'émission de CH_4 (kg/appareil)							
	NS et NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC	NT
1990–1998	3,42	3,39	3,39	3,38	3,36	3,51	3,44	4,00
1999	3,39	3,37	3,37	3,36	3,34	3,46	3,41	4,00
2000	3,37	3,35	3,35	3,34	3,33	3,42	3,38	4,00
2001	3,34	3,33	3,33	3,33	3,31	3,37	3,35	4,00
2002	3,32	3,31	3,31	3,31	3,30	3,33	3,32	4,00
2003	3,30	3,29	3,29	3,29	3,28	3,28	3,30	4,00
2004	3,27	3,27	3,27	3,27	3,26	3,24	3,27	4,00
2005	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,19	3,24	4,00
2006	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,18	3,25	4,00
2007	3,26	3,26	3,26	3,27	3,27	3,19	3,24	4,00
2008	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,19	3,24	4,00
2009	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,19	3,25	4,00
2010	3,28	3,28	3,27	3,28	3,28	3,20	3,26	4,00
2011	3,28	3,28	3,28	3,28	3,27	3,20	3,27	4,00
2012	3,27	3,27	3,26	3,28	3,04	3,19	3,26	4,00
2013	3,27	3,27	3,26	3,28	3,04	3,19	3,25	4,00
2014	3,26	3,27	3,25	3,28	3,02	3,19	3,23	4,00
2015	3,24	3,24	3,24	3,25	3,02	3,18	3,20	4,00
2016	3,25	3,25	3,24	3,26	3,18	3,17	3,19	4,00
2017	3,24	3,22	3,24	3,24	3,13	3,16	3,17	4,00
2018–2024	3,23	3,21	3,23	3,23	3,14	3,16	3,16	4,00

Tableau A3.2–38 **Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur pour les fuites dans les installations industrielles et les centrales électriques par année et par province ou territoire**

Année	Coefficient d'émission de CH_4 (kg/10^6 m^3 de gaz naturel consommé)							
	NS et NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC	NT
1990–1998	366	388	388	389	384	394	404	400
1999	370	389	389	389	385	392	403	400
2000	373	389	389	390	386	391	401	400
2001	377	389	390	390	387	390	400	400
2002	380	390	390	390	388	388	399	400
2003	384	390	390	391	389	387	397	400
2004	388	391	391	391	390	386	396	400
2005	391	391	391	391	391	384	394	400
2006	394	393	394	394	394	379	395	400
2007	395	394	394	395	395	382	395	400
2008	395	394	394	395	395	384	395	400
2009	397	396	396	397	397	385	397	400
2010	398	398	398	399	399	386	399	400
2011	399	399	399	399	398	385	401	400
2012	399	399	398	400	350	386	399	400
2013	401	400	400	402	350	386	397	400
2014	399	400	397	401	348	388	395	400
2015	397	396	398	397	347	385	392	400
2016	400	398	401	400	380	384	390	400
2017	398	395	401	398	372	384	387	400
2018–2024	397	394	400	395	373	383	385	400

Données sur les activités

Le Tableau A3.2–39 présente les données sur les activités et les sources utilisées pour estimer les émissions fugitives en aval du compteur.

Le nombre de véhicules alimentés au gaz naturel est tiré des statistiques internes d'ECCC sur le parc de véhicules pour chaque province et année.

Le nombre de chaudières, de chauffe-eau, de sécheuses et de cuisinières utilisant du gaz naturel employés dans le secteur résidentiel a été tiré de données publiées par RNCan (2024) pour les années 2000–2022, ventilées selon chaque province et territoire. Après examen cependant, les données sur les nombres d'appareils à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve-et-Labrador n'ont pas été utilisées, car aucune de ces provinces ne compte de réseau de distribution de gaz naturel et qu'aucun volume de gaz n'y est transporté à des fins de consommation résidentielle. De même, aucun gaz naturel n'est consommé au Yukon et au Nunavut. Les données sur les nombres d'appareils au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et aux Territoires du Nord-Ouest n'ont pas été utilisées, parce que le nombre moyen d'appareils par client résidentiel y variait de 5 à 22, ce qui a été jugé irréaliste étant donné que la moyenne pour toutes les autres provinces s'élevait à 2,64. Les nombres d'appareils dans toutes les autres provinces ont été utilisés tel qu'ils sont présentés dans les données de RNCan (2024). Les nombres d'appareils pour 1990–1999 et 2023–2024 ont été extrapolés selon le changement annuel du nombre de clients du gaz naturel dans chaque province. De façon similaire, les nombres d'appareils au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et aux Territoires du Nord-Ouest ont été estimés à partir de la moyenne nationale du nombre d'appareils par client résidentiel (c.-à-d. 2,64) et du nombre annuel de clients résidentiels du gaz naturel tiré des données de Statistique Canada (s.d. [i], s.d. [j]).

Le nombre de clients résidentiels et commerciaux du gaz naturel était manquant pour les années 1990–2011 en Nouvelle-Écosse, les années 1990–2006 au Nouveau-Brunswick et les années 1990–2015 dans les Territoires du Nord-Ouest. Pour la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, ce nombre a été extrapolé en fonction de la longueur des gazoducs de distribution (Statistique Canada, 2024). Le contexte est plus complexe dans les Territoires du Nord-Ouest. Ce n'est que dans les deux petites localités de Norman Wells et d'Inuvik que du gaz naturel a été consommé dans les secteurs résidentiel et commercial. Le réseau de distribution de gaz à Norman Wells a cessé d'approvisionner les clients en 2014.

Tableau A3.2–39 **Résumé des données sur les activités donnant lieu à des émissions fugitives en aval du compteur, et de leurs sources**

Segment en aval du compteur	Origine	Publication	Données sur les activités
Véhicules alimentés au gaz naturel	Environnement et Changement climatique Canada	Données inédites	Nombre de véhicules au gaz naturel
Appareils résidentiels et commerciaux	Ressources naturelles Canada (RNCan)	Base de données complète sur la consommation d'énergie – Secteur résidentiel (RNCan, s.d.)	Stock des systèmes de chauffage par type de bâtiment et type de système Stock de chauffe-eau par type de bâtiment et source d'énergie Stock d'appareils ménagers par type d'appareil ménager et source d'énergie – Sécheuse Stock d'appareils ménagers par type d'appareil ménager et source d'énergie – Cuisinière
	Statistique Canada	Tableau 25-10-0033-01 – Gaz naturel, ventes mensuelles (Statistique Canada, s.d. [i])	Nombre de clients résidentiels et commerciaux
		Tableau 25-10-0059-01 – Distribution du gaz naturel canadien mensuelle (Statistique Canada, s.d. [j])	Nombre de clients résidentiels et commerciaux
		Tableau 17-10-0005-01 – Estimations de la population au 1er juillet, par âge et sexe (Statistique Canada, s.d. [k])	Population des Territoires du Nord-Ouest
	Bureau de la statistique des Territoires du Nord-Ouest (StatNWT)	Population estimates by community – Norman Wells (StatNWT, 2022)	Population de Norman Wells
	Ministère de l'Infrastructure des Territoires du Nord-Ouest (NWTMI)	Données inédites (NWTMI, s.d.)	Consommation annuelle de combustibles fossiles et de gaz naturel synthétique
Installations industrielles et centrales électriques	Statistique Canada	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (Statistique Canada, 1990–)	Consommation de gaz naturel dans les secteurs suivants : Agriculture Fabrication d'aluminium et métaux non ferreux Fabrication de ciment Fabrication de produits chimiques et engrais Construction Énergie électrique par services publics d'électricité Énergie électrique par industries[a] Fabrication de fer et d'acier Autres fabrications Administrations publiques Fabrication de pâtes et papiers Extraction minière et de pétrole et de gaz[a]

Note :
a. Excepté le gaz naturel consommé dans les installations pétrolières et gazières et les centrales de cogénération appartenant à l'industrie pétrolière et gazière.

À Inuvik, le gaz naturel est obtenu localement du gisement d'Ikhil, qui est exploité depuis 1999 (StatTNW, s.d.). Toutefois, en 2014, le réseau de distribution a arrêté de fournir du gaz naturel pur à cause du déclin de la production. Du « gaz naturel synthétique », soit un mélange de propane et d'air, est utilisé pour compléter la production locale. Le pourcentage de gaz naturel fossile varie d'environ 24 à 40 % selon l'année. Par conséquent, le nombre de clients du gaz naturel pour la période 1990 à 1998 est estimé en fonction du changement annuel de la population de Norman Wells (StatNWT, 2022; Statistique Canada, s.d. [k]). Des données sur la longueur des gazoducs de distribution (Statistique Canada, 2024) sont accessibles pour les années de 1999 à 2022, et sont utilisées pour estimer le nombre de clients pour la période 1999 à 2015. Enfin, le nombre de clients à partir de 2014 est ajusté afin de tenir compte du pourcentage de gaz naturel fossile distribué aux clients (NWTMI, s.d.).

Le nombre d'appareils commerciaux au gaz naturel est estimé à l'aide du nombre de clients commerciaux du gaz naturel dans chaque province et territoire et de la moyenne nationale du nombre d'appareils résidentiels par client (2,64).

Finalement, des données sur la consommation de gaz naturel sont tirées du BDEE pour les secteurs figurant dans le Tableau A3.2–30. Comme les émissions fugitives des installations de pétrole et de gaz sont déjà estimées à l'aide des méthodes présentées précédemment, toute consommation de gaz naturel dans ces installations est exclue des calculs relatifs aux émissions fugitives en aval du compteur.

A3.2.2.8. Cas particulier : la double comptabilisation des gaz brûlés par torchage et évacuation

Le BDEE définit l'autoconsommation comme étant « la consommation par l'industrie du combustible qu'elle produit – par exemple, les produits pétroliers raffinés consommés par l'industrie de raffinage de pétrole ou bien le gaz utilisé sur le terrain, brûlé et perdu, les utilisations sur le terrain, les utilisations d'accumulations et les différences de lecture ». Statistique Canada calcule les volumes de gaz naturel consommés au moyen de données administratives fournies par les provinces et les territoires.

Les émissions produites par la combustion associée à l'autoconsommation sont estimées à partir des volumes de combustibles totaux indiqués dans le BDEE (voir l'Annexe 3.1). Les émissions produites par le torchage et l'évacuation sont estimées séparément au moyen de divers modèles d'émissions fugitives et sont déclarées comme des émissions fugitives; il faut donc soustraire les volumes de gaz brûlés par torchage et évacués et les émissions qui y sont associées des estimations des émissions attribuables à la combustion pour ne pas les comptabiliser deux fois, comme le décrit la section A3.1.4.1.2.

Les provinces dont les données sur l'autoconsommation de gaz naturel se trouvent dans le BDEE représentaient plus de 99 % de toute la production gazière et pétrolière du Canada en 2024 et 99,9 % de la production brute de gaz naturel. Les volumes de gaz déclarés comme gaz torché et évacué sont soustraits du volume d'émissions attribuable à l'autoconsommation. Lorsque les émissions produites par le torchage ou l'évacuation sont estimées pour une province précise où aucune autoconsommation n'est déclarée dans le BDEE, les émissions associées au torchage et les volumes de gaz naturel qui y sont associés ne sont pas soustraits afin de ne pas sous-estimer les émissions.

Les estimations des émissions provenant du torchage dans l'industrie du raffinage du pétrole sont établies tel que décrit à la section A3.2.2.3. Le volume de combustibles brûlés par torchage est soustrait de l'autoconsommation de gaz , tel que requis.

A3.3. Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits

Le secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits (PIUP) englobe les émissions de gaz à effet de serre (GES) issues d'activités industrielles sans rapport avec l'énergie. Il englobe les sous-secteurs suivants : Industrie minérale, Industrie chimique, Industrie du métal, Industrie électronique, Utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (SAO), fabrication et utilisation d'autres produits, et Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les enjeux méthodologiques associés à chacune de ces catégories sont exposés au Chapitre 4. La présente section de l'Annexe 3 décrit en détail les méthodes qui ont servi à estimer les émissions dans les sous-secteurs de PIUP suivants :

- Industrie du métal : émissions de dioxyde de carbone (CO_2) attribuables à la Production sidérurgique
- Émissions de CO_2 attribuables aux Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants
- Émissions d'hydrofluorocarbures (HFC) attribuables aux Produits utilisés comme substituts de SAO
- Fabrication et utilisation d'autres produits : émissions d'hexafluorure de soufre (SF_6) provenant des Équipements électriques

A3.3.1. Émissions de CO_2 du secteur de la Production sidérurgique (Catégorie 2.C.1 des TCD)

Usines de production sidérurgique au Canada

Le secteur canadien de la sidérurgie compte 14 installations, soit quatre usines intégrées et 10 usines non intégrées (neuf petites usines et une usine d'ilménite). De ces 14 usines, huit sont situées en Ontario (dont quatre sont des usines intégrées), trois au Québec et une dans chacune des provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. En 2013, U.S. Steel Canada – Hamilton Works a fermé ses usines de production sidérurgique, mais continue d'exploiter son procédé de batterie de fours à coke. Toutes les usines sont présentées au Tableau A3.3–1, incluant les procédés de fabrication utilisés.

Tableau A3.3–1 **Usines du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite**

Usine intégrée	
ArcelorMittal Dofasco	Hamilton (ON)
Essar Steel Algoma	Sault Ste. Marie (ON)
U.S. Steel Canada – Hamilton Works	Hamilton (ON)
U.S. Steel Canada – Lake Erie Works	Nanticoke (ON)
Petite usine[a, b]	
AltaSteel Ltd.	Edmonton (AB)
ArcelorMittal – Contrecoeur	Contrecœur (QC)
ArcelorMittal – Contrecoeur Ouest	Contrecœur (QC)
Valbruna ASW Steel	Welland (ON)
EVRAZ North America	Regina (SK)
Gerdau Ameristeel – Cambridge	Cambridge (ON)
Gerdau Ameristeel Manitoba	Selkirk (MB)
Gerdau Ameristeel – Whitby	Whitby (ON)
Ivaco Inc.	L'Orignal (ON)
Usine de fusion d'ilménite	
Rio Tinto – Fer et Titane Inc.	Sorel-Tracy (QC)

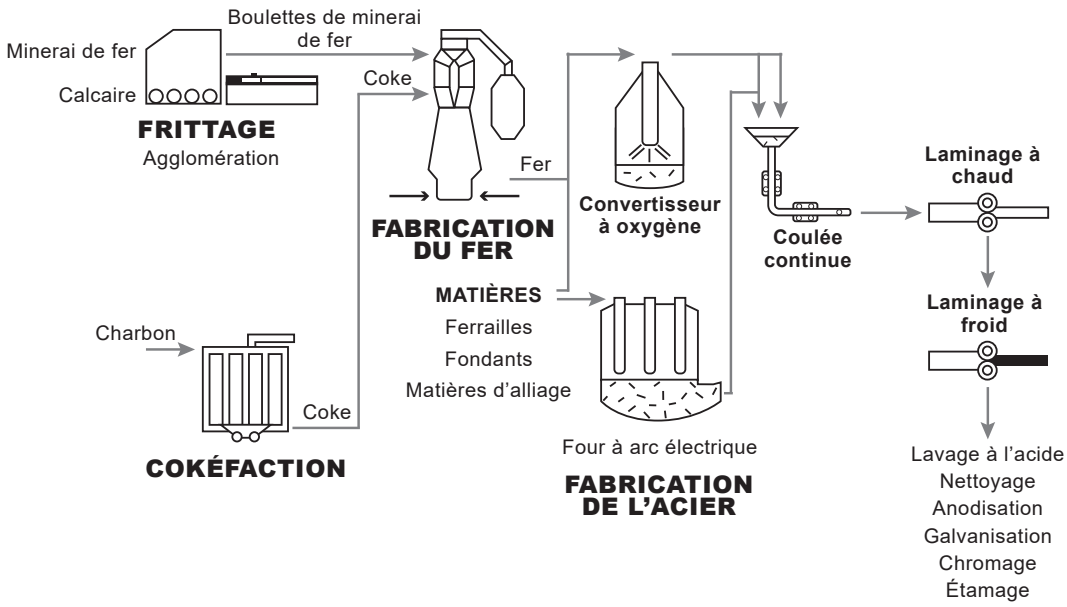
Notes :
Information adaptée de ECCC (2017).
a. Petite usine retirée : Hamilton Specialty Bar Corp., à Hamilton, en Ontario, qui a fermé définitivement en 2018.
b. Usine ajoutée : ASW Steel, à Welland, en Ontario, une petite aciérie qui a été exclue de l'avis publié dans la *Gazette du Canada*.

Technologies de production sidérurgique au Canada

Au Canada, deux technologies sont utilisées pour la fabrication de l'acier (voir la Figure A3.3–1) : les convertisseurs basiques à oxygène et les fours électriques à arc. Les convertisseurs basiques à oxygène sont utilisés dans les usines intégrées parallèlement aux activités de cokéfaction, de frittage et de fabrication du fer en haut fourneau. Les usines intégrées, qui procèdent à la fusion du minerai de fer et à la fonte de la ferraille, présentent la production la plus variée, qui comprend des barres, des tiges, des profilés de charpente, des plaques, des feuilles, des tuyaux et des tubes ainsi que des tiges de fil métallique. Même si la technologie des fours électriques à arc gagne en importance, elle est habituellement utilisée dans les usines non intégrées (petites usines ou aciéries spécialisées) alimentées de ferraille ou de fer de réduction directe

pour produire un grand éventail d'aciers ordinaires et alliés. ArcelorMittal Dofasco Inc. exploite la seule usine intégrée au Canada qui produit une partie de son acier par four électrique à arc, tandis qu'ArcelorMittal Contrecœur exploite la seule aciérie canadienne qui produit et utilise du fer de réduction directe comme matière première. Les procédés auxiliaires ou secondaires de fabrication de l'acier qui sont utilisés à la fois dans les usines intégrées et non intégrées comprennent la métallurgie en poche, la coulée continue, le formage à chaud, le formage à froid et la finition.

Figure A3.3–1 **Procédés de sidérurgie au Canada**



A3.3.2. Émissions de CO_2 attribuables aux Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants (Catégorie 2.D.3 des TCD)

Au Canada, les activités industrielles qui emploient des combustibles à des fins non énergétiques (p. ex., matières premières) sont notamment la production d'ammoniac, la production pétrochimique, l'exploitation et la transformation de métaux non ferreux, la production sidérurgique et d'autres industries chimiques.

Les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation non énergétique des hydrocarbures, lorsqu'elles ne sont pas comprises dans une autre catégorie de l'inventaire, sont déclarées dans le sous-secteur des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les estimations des émissions reposent sur les données liées à l'utilisation de combustibles fossiles à des fins non énergétiques recueillies par Statistique Canada (*Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* [BDEE], [Statistique Canada, s.d.]) et sont regroupées par type de combustible (p. ex., gaz naturel, coke, butane, éthane, etc.) à l'échelle provinciale et territoriale. Statistique Canada ne ventile pas ces données sur les combustibles par industrie ou par activité industrielle, ce qui veut dire que, sans autres données à l'appui, il n'est pas possible d'attribuer ces données sur les combustibles à une industrie donnée.

Dans certains cas, le Canada a obtenu des données à l'appui (p. ex., dans des études, des enquêtes, d'autres sources de données) de telle sorte que les données sur l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques peuvent être entièrement ou partiellement décomposées et attribuées à la catégorie de source appropriée. Il est possible d'attribuer des données sur l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques à des catégories de sources données pour les activités industrielles suivantes :

- le gaz naturel utilisé pour produire de l'hydrogène pour la production d'ammoniac
- divers combustibles utilisés comme matière première dans la production de produits pétrochimiques (méthanol et éthylène)
- les anodes en carbone utilisées pour réduire de manière électrique l'alumine en aluminium dans le procédé de production de l'aluminium
- le coke utilisé dans la production sidérurgique
- les huiles de graissage brûlées dans les moteurs à deux temps hors route

Pour ces activités industrielles, il est estimé les émissions à l'aide des types et des quantités, connues ou estimées, de combustibles utilisés à des fins non énergétiques. Les quantités connues ou estimées de combustibles sont soustraites des données sur l'utilisation des combustibles à des fins non énergétiques du BDEE, et le reste (résidu) des quantités de combustibles représente les combustibles utilisés à des fins non énergétiques employés dans d'autres industries. Cette méthode permet d'éviter de compter les émissions en double et améliore la transparence dans le processus d'inventaire.

Pour estimer les émissions, des coefficients des émissions moyennes de CO_2 sont appliqués à l'échelle nationale accessibles pour chaque type de combustible aux quantités totales (ou aux quantités résiduelles, s'il y a lieu) de combustibles utilisés à des fins non énergétiques à l'échelle provinciale et territoriale. Ensuite, les valeurs estimées pour chaque province et territoire sont additionnées afin d'obtenir le total national pour la catégorie de source 2.D des TCD, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants.

Les méthodes utilisées pour estimer les émissions associées à chaque catégorie de combustibles fossiles utilisés à des fins non énergétiques (combustibles gazeux, solides et liquides) et pour expliquer comment les émissions sont ventilées et attribuées à des catégories de source données (comme il a été mentionné plus haut) afin d'éviter de compter deux fois les émissions, sont décrites ci-dessous.

Combustibles gazeux

Le seul combustible gazeux pris en considération dans cette catégorie est le gaz naturel. Celui-ci peut être utilisé pour la production de méthanol et de noir de carbone thermique, mais une grande proportion est utilisée dans le processus de reformage du méthane à la vapeur pour la production d'ammoniac.

Les émissions de CO_2 issues de la production d'ammoniac et de méthanol sont estimées et déclarées dans la catégorie de source 2.B.1 et 2.B.8.a des TCD, respectivement. La quantité de gaz naturel utilisé comme matière première pour la production d'ammoniac et de méthanol est soustraite de la quantité globale de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques présentée dans le BDEE. Cette méthode permet de déterminer la quantité restante (résiduelle) de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques.

D'après une étude menée en 2005 (Cheminfo Services, 2005a), un coefficient d'émissions de CO_2 pour l'utilisation résiduelle de gaz naturel à des fins non énergétiques a été déterminé (38 g CO_2/m^3) et appliqué à la quantité résiduelle de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques afin d'estimer les émissions de cette source.

Il est à noter que les émissions dues à l'utilisation de gaz naturel à des fins non énergétiques pour produire de l'hydrogène dans les industries de raffinage du pétrole et du bitume sont allouées au secteur Énergie de l'inventaire.

Combustibles solides

Les combustibles solides inclus dans la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants sont les suivants :

- charbon bitumineux canadien
- charbon subbitumineux
- charbon bitumineux étranger
- lignite
- anthracite
- coke métallurgique
- coke de pétrole

Les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation non énergétique de ces combustibles solides sont déterminées en appliquant les coefficients d'émissions par combustible, par province et par année (donnés aux tableaux A6.1–7, A6.1–10 et A6.1–11 de l'Annexe 6 pour le coke de pétrole, le charbon et le coke métallurgique [le coke du charbon], respectivement), aux données du BDEE.

Les coefficients d'émissions utilisés pour estimer les rejets de CO_2 dus à l'utilisation du charbon à des fins non énergétiques sont les mêmes que pour la combustion, parce que l'on présume que 100 % du carbone présent dans ces produits finira par s'oxyder et par être rejeté sous forme de CO_2.

Les émissions de CO_2 issus de l'utilisation d'électrodes dans l'industrie de l'aluminium sont incluses dans la catégorie de source 2.C.3 des TCD, Production d'aluminium. Parmi les principaux combustibles utilisés pour la production d'électrode pour l'industrie de l'aluminium, se trouve le coke de pétrole. Le coke utilisé à des fins non énergétiques sert aussi à la fabrication d'électrodes employées dans les fours électriques à arc dans l'industrie sidérurgique (catégorie de source 2.C.1 des TCD, Production sidérurgique). Les quantités de coke de pétrole utilisées dans l'industrie de l'aluminium et l'industrie sidérurgique sont soustraites des quantités globales de coke de pétrole utilisé à des fins non énergétiques présentées dans le BDEE. Les émissions de CO_2 dues à l'utilisation des quantités résiduelles de coke de pétrole à des fins non énergétiques sont calculées au moyen du coefficient d'émissions présenté au Tableau A6.1–7 de l'Annexe 6.

Combustibles liquides

Outre les émissions provenant de l'utilisation des combustibles solides et gazeux, les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de combustibles liquides (les liquides de gaz naturel [LGN]), les charges d'alimentation pétrochimiques du raffinage du pétrole et les lubrifiants) à des fins non énergétiques sont également incluses dans la catégorie 2.D des TCD, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants.

Les émissions de CO_2 résultant de l'utilisation de combustibles liquides (c.-à-d., comme matière première) dans la production d'éthylène sont estimées et déclarées sous la catégorie de source 2.B.8.b des TCD. Les quantités de combustibles liquides (en particulier le propane, le butane, l'éthane et les charges d'alimentation pétrochimiques) utilisés comme matières premières dans la production d'éthylène sont soustraites des quantités globales de combustibles liquides utilisés à des fins non énergétiques mentionnées dans le BDEE. Pour estimer les émissions de CO_2 provenant des combustibles liquides utilisés à des fins non énergétiques, la quantité résiduelle des combustibles liquides utilisés à des fins non énergétiques est multipliée par le coefficient d'émissions correspondant, comme le montre le Tableau A6.2–11 de l'Annexe 6.

Il convient également de noter qu'en raison de la façon dont les statistiques sur l'énergie sont actuellement établies au Canada, d'autres utilisations à des fins non énergétiques de combustibles liquides, tels que le mazout lourd, ont été déclarées dans la catégorie des utilisations à des fins énergétiques qui est comprise dans le secteur de l'énergie.

Dans le cas de l'utilisation des quantités résiduelles de LGN à des fins non énergétiques (c.-à-d., les quantités résiduelles issues de l'utilisation pour la production pétrochimique), les coefficients d'émissions donnés dans l'étude de McCann (2000) supposent que la totalité du carbone est oxydée; ils sont indiqués au Tableau A6.2–11 de l'Annexe 6.

L'utilisation des quantités résiduelles et non résiduelles à des fins non énergétiques des produits pétroliers provenant des raffineries (p. ex., charges d'alimentation pétrochimiques, naphte, lubrifiants, graisses et autres produits pétroliers) engendre également des émissions de CO_2 qui sont incluses dans la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les calculs utilisés pour obtenir les coefficients d'émissions relatifs à ces produits utilisés à des fins non énergétiques sont donnés dans le Tableau A6.2–11 de l'Annexe 6. Pour estimer les émissions à l'échelle nationale, provinciale et territoriale, le volume du produit non énergétique utilisé est multiplié par son coefficient d'émissions.

A3.3.3. Émissions de HFC attribuables à l'utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (Catégorie 2.F des TCD)

A3.3.3.1. Données sur les activités

Le Tableau A3.3–2 montre les années pour lesquelles il y a des données sur les activités pour les importations et les exportations ou les ventes de HFC en vrac, les années durant lesquelles les données ont été recueillies, et la source de ces données. Le Tableau A3.3–3 montre les années pour lesquelles il y a des données sur les activités pour des biens fabriqués importés et exportés contenant des HFC, les années durant lesquelles les données ont été recueillies, et la source de ces données.

A3.3.3.2. Méthodologie

Comme le Canada a recourt à une liste de sous-applications détaillée pour la catégorie des HFC (Tableau A3.3–4), les données doivent être annuellement ventilées à ce niveau. À cette fin, il a fallu combler les données manquantes et ventiler les données recueillies au niveau des applications à celui des sous-applications.

Diverses techniques ont été employées pour combler les données non communiquées par les répondants aux enquêtes volontaires. Par exemple, lorsqu'une entreprise ayant déjà déclaré des données ne présentait pas d'information pour des années subséquentes, les données des années précédentes ont été considérées comme constantes. La technique employée pour les années pendant lesquelles aucune enquête n'avait été faite (p. ex., dans le cas des importations/exportations de biens fabriqués entre 1999 et 2003) ou que les réponses reçues à partir de l'enquête étaient limitées (p. ex., vente en vrac de 2005 à 2007), consistait à procéder par interpolation linéaire pour estimer les données manquantes. Une extrapolation rétroactive et prospective, à l'aide des tendances de données ou des variables de substitution, était aussi employée, et ce, pour compléter les séries chronologiques. Les données sur les biens fabriqués importés et exportés ne sont pas accessibles au-delà de l'année 2010. L'extrapolation, effectuée à l'aide de variables de substitution, fournie par la Division d'analyse et modélisation de ECCC (ECCC, 2025b), a été appliquée pour combler ces données manquantes. Le Tableau A3.3–4 indique la liste des différentes variables de substitution sélectionnées sur une base de sous-application, et ce, dans le cadre du processus d'extrapolation.

Pour satisfaire aux exigences d'une méthode de Niveau 2, ECCC a appliqué deux techniques pour ventiler les données déclarées de 1995 à 2004 du niveau des applications au niveau des sous-applications. Pour une année donnée, les HFC déclarés au niveau des applications étaient ventilés sur la base de la proportion des niveaux correspondants des sous-applications si une grande quantité de HFC étaient déclarée dans les niveaux correspondants de ces sous-applications pour la même année. Si les données n'étaient pas suffisamment détaillées au niveau de l'année et de l'application, la ventilation de la plus proche année historique pour le même type de HFC et le même niveau d'application a été utilisée.

Tableau A3.3–2 **Données sur les années d'activité pour l'importation et l'exportation ou les ventes de HFC en vrac, années de la collecte, et source des données**

Année des données	Année de la collecte des données	Source des données	Référence
1995	1996	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu du paragraphe 16 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) 1988.	EC, 1996
1996–1997	1998	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu du paragraphe 16 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) 1988.	EC, 1998
1998	1999	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu du paragraphe 16 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) 1988.	EC, 1999
1999–2000	2001	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999).	EC, 2001
2001–2003	2005	Sondage à déclaration volontaire réalisé par Cheminfo Services.	Services Cheminfo, 2005b
2004	2005	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999).	EC, 2005
2005–2007	S.O. et 2006–2008	De façon générale, les données ont été interpolées à partir des données sur les activités de 2004 et de 2008. Des sondages à déclaration volontaire pour les données des années 2006–2008 ont été menés par l'équipe responsable de l'inventaire, respectivement au cours des années 2005–2007. Les données recueillies ont été intégrées pour certains distributeurs.	EC, 2011
2008–2012	2009–2011 et 2014	Des sondages annuels à déclaration volontaire pour les données des années 2008–2010 ont été menés par l'équipe responsable de l'inventaire, respectivement au cours des années 2009–2011. Un sondage à déclaration obligatoire réalisé, en 2014, en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999) a aussi permis de recueillir des données plus complètes. Lorsque la déclaration des distributeurs était disponible, dans les deux ensembles de données, les données du sondage obligatoire étaient utilisées.	EC, 2011- ECCC, 2015a
2013–2015	2016	Sondages à déclaration obligatoire réalisés en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)	ECCC, 2016a, 2016b
2016	S.O.	Extrapolation à partir des données sur les activités de 2015 à l'aide de variables de substitution fournies par la Division d'analyse et modélisation d'ECCC.	ECCC, 2025b
À partir de 2017	À partir de 2018	Sondage à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement (RSACOHR) afférant à la LCPE (1999).	ECCC, 2023, 2024, 2025a

Note :
S.O. = sans objet, puisque la collecte des données n'a pas eu lieu pour l'année ou les années concernées.

Tableau A3.3–3 **Données sur les années d'activité pour les biens fabriqués importés et exportés contenant des HFC, années de la collecte, et sources des données**

Année des données	Année de la collecte des données	Source des données	Référence
1995	S.O.	Les données ont été extrapolées de façon rétrospective à l'aide de la tendance 1996–1998.	S.O.
1996–1997	1998	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu du paragraphe 16 de la LCPE (1988).	EC, 1998
1998	1999	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu du paragraphe 16 de la LCPE (1988).	EC, 1999
1999–2003	S.O. et 2001	Interpolation à partir des données sur les activités de 1998 et de 2004, à l'exception des données de 1999 et 2000 sur les climatiseurs de véhicule recueillies de manière obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999).	EC, 2001
2004	2005	Sondage à déclaration obligatoire réalisé en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999).	EC, 2005
2005–2007	2006–2008	Sondages annuels à déclaration volontaire réalisés par l'équipe d'inventaire.	EC, 2011
2008–2010	2009–2011 et 2014	Sondages annuels à déclaration volontaire réalisés par l'équipe d'inventaire et données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)	EC, 2011 - ECCC, 2015a
2011–2012	2014	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999) et extrapolation à partir des données sur les activités de 2010 à l'aide de variables de substitution fournies par la Division d'analyse et modélisation d'ECCC.	ECCC, 2015a
2013–2015	2016	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999) et extrapolation à partir des données sur les activités de 2010–2012 à l'aide de variables de substitution fournies par la Division d'analyse et modélisation d'ECCC.	ECCC, 2016a, 2016b
À partir de 2016	S.O.	Extrapolation à partir des données sur les activités 2010–2015 à l'aide de variables de substitution fournies par la Division d'analyse et modélisation d'ECCC.	ECCC, 2025b

Note :
S.O. = sans objet, puisque la collecte de données n'a pas eu lieu pour les années de données.

Tableau A3.3–4 **Applications et sous-applications des HFC au Canada et variables de substitution utilisées aux fins d'extrapolation**

Description des applications et des sous-applications	Description de la variable de substitution
Aérosols	
Produits de soins personnels	Population
Produits pharmaceutiques	Population
Produits médicaux	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Soins de santé et assistance sociale (SCIAN 62)
Produits domestiques	Population
Produits pour application minière	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Extraction minière (SCIAN 212)
Produits commerciaux/industriels	Superficie commerciale
Agents d'expansion des mousses	
Coussinage – automobiles (sièges, toit, etc.)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication de matériel de transport (SCIAN 336)
Coussinage – autres (mobilier, matelas, etc.)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication de meubles et de produits connexes (SCIAN 337)
Isolation thermique – résidences et bâtiments	Superficie commerciale et résidentielle
Isolation thermique – conduites	Superficie commerciale et résidentielle
Isolation thermique – réfrigérateurs et congélateurs	Superficie commerciale et résidentielle
Isolation thermique – autres (préciser)	Superficie commerciale et résidentielle
Emballage – alimentaire (préciser)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication d'aliments (SCIAN 311)
Emballage – non alimentaire (préciser)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Activités diverses de fabrication (SCIAN 339)
Autres utilisations de la mousse (préciser)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Activités diverses de fabrication (SCIAN 339)
Climatisation (fabrication d'équipement d'origine)	
Climatiseurs de véhicules à moteur	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication de matériel de transport (SCIAN 336)
Refroidisseurs (préciser si de type centrifuge ou alternatif)	Superficie commerciale
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)	Nombre de ménages
Climatisation (service/entretien)	
Climatiseurs de véhicules à moteur	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication de matériel de transport (SCIAN 336)
Refroidisseurs (préciser si de type centrifuge ou alternatif)	Superficie commerciale
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)	Nombre de ménages
Réfrigération (fabrication d'équipement d'origine)	
Transport commercial	Superficie commerciale
Commercial et institutionnel (alimentation au détail, machines distributrices, etc.)	Superficie commerciale
Industriel (entrepôts, équipement de procédé, etc.)	Superficie commerciale
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)	Nombre de ménages
Autre équipement (préciser)	Superficie commerciale et résidentielle
Réfrigération (service/entretien)	
Transport commercial	Superficie commerciale
Commercial et institutionnel (alimentation au détail, machines distributrices, etc.)	Superficie commerciale
Industriel (entrepôts, procédés, etc.)	Superficie commerciale
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)	Nombre de ménages
Autre équipement (préciser)	Superficie commerciale et résidentielle
Solvants	
Industrie électronique	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication de produits informatiques et électroniques (SCIAN 334)
Nettoyage/séchage de pièces métalliques	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Fabrication de produits métalliques (SCIAN 332)
Nettoyage à sec	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Autres services (SCIAN 81)
Solvants de laboratoire	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Services professionnels, scientifiques et techniques (SCIAN 54)
Nettoyage général (préciser)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Autres services (SCIAN 81)
Systèmes de suppression / d'extinction des incendies (fabrication d'équipement d'origine)	
Systèmes portables (mobiles)	Superficie commerciale et résidentielle
Systèmes de saturation (fixes)	Superficie commerciale et résidentielle
Systèmes de suppression / d'extinction des incendies (service/entretien)	
Systèmes portables (mobiles)	Superficie commerciale et résidentielle
Systèmes de saturation (fixes)	Superficie commerciale et résidentielle
Divers	
Stérilisation en milieu hospitalier/institutionnel	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Soins de santé et assistance sociale (SCIAN 62)
Essais d'étanchéité	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Autres services (SCIAN 81)
Autres (préciser)	Données économiques de production brute corrigées de l'inflation : Produit intérieur brut

Pour les données des sondages à déclaration obligatoire de 2008 à 2012, tous les HFC déclarés au niveau des applications ont été ventilés en se basant sur la ventilation la plus récente (2004). Pour les données des sondages à déclaration obligatoire de 2013–2015, les HFC déclarés au niveau des applications ont été ventilés au niveau des sous-applications en se basant sur les ventilations de 2012 au niveau de l'entreprise et au niveau du gaz et lorsqu'il n'y avait pas suffisamment d'information, la ventilation de 2004 a été utilisée. Pour certaines données de 2008–2015, dans le cas où les importateurs de HFC en vrac n'avaient déclaré que les HFC (par type de HFC) sans préciser les applications ou sous-applications associées, il leur a été demandé de fournir, au mieux de leurs connaissances, une liste des niveaux de sous-applications pour ces HFC déclarés. Cette liste a ensuite été utilisée par ECCC pour distribuer également les quantités de HFC.

Toutes les données à déclaration obligatoire sur les importations et les exportations de HFC en vrac de 2017 à 2024, recueillies en vertu du Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement (RSACOHR), ont dû être ventilées selon les niveaux de sous-application. Les ventilations les plus récentes disponibles au niveau de l'entreprise et au niveau du gaz ont été employées.

Lorsque de nouvelles espèces de HFC étaient importées ou exportées en vrac ou quand des nouveaux distributeurs soumettaient les rapports conformément au RSACOHR, une recherche a été effectuée pour déterminer la ventilation par sous-application la plus vraisemblable. Pour les déclarants existants, si l'on pensait que l'utilisation du nouvel HFC s'alignait avec les HFC précédemment importés pour lesquels une ventilation était disponible (généralement le HFC-134a), la ventilation existante a été utilisée pour le nouvel HFC. Autrement, les quantités utilisées de HFC ont été distribuées de manière égale selon une liste des sous-applications les plus probables d'après la recherche.

L'examen technique par des experts du RIN 2024 du Canada ont recommandé que l'équipe responsable de l'inventaire recueille des données en vue d'obtenir des estimations plus précises sur les HFC contenus dans les biens fabriqués importés et exportés à partir de l'année 2011. L'équipe responsable de l'inventaire a contacté l'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (HRAI) afin de demander des données sur les biens fabriqués. Les efforts liés à la collecte des données, à leur analyse et à leur intégration dans le rapport se poursuivent.

A3.3.3.3. Coefficients d'émissions et durées de vie

En 2013, ECCC a mené une enquête sur les fabricants d'équipements de climatisation et de réfrigération, les associations de l'industrie et des prestataires de service pour obtenir de l'information afin d'établir ou de sélectionner les coefficients d'émissions et la durée de vie des équipements. L'un des éléments les plus réussis de l'étude a été l'élaboration préliminaire de coefficients d'émission en service et propres au pays basés sur les données fournies par les prestataires de services, présenté à l'Équation A3.3–1.

Équation A3.3–1

$$CE_{ES} = \frac{\textit{Quantité de réfrigérant achetée ou quantité moyenne ajoutée lors des interventions} \times \textit{nombre d'interventions}}{\textit{Capacité totale en réfrigérant des équipements dont le prestataire de services est responsable de l'entretien}}$$

CE_{ES} = coefficient d'émission en service pour les climatiseurs ou les réfrigérateurs, fraction

L'information a été revue (EHS, 2013; ECCC, 2015b), conformément aux mesures de contrôle de la qualité énoncées dans la section 6.7.1.2 du volume 1 du Chapitre 6 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les coefficients d'émissions établis à l'aide de l'information recueillie ont également été comparés aux coefficients d'émissions par défaut publiés dans le Tableau 7.9 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC; la plupart se situaient dans la plage de coefficients prescrite. Certains coefficients d'émissions (p. ex., celui établi pour la désaffectation en fin de vie utile) ne satisfaisaient pas aux vérifications de contrôle de la qualité de la section 6.7.1.2 du volume 1 du Chapitre 6 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour ce qui est de la sollicitation d'une opinion; une valeur dans la plage de coefficients d'émissions publiée dans le Tableau 7.9 du volume 3 du Chapitre 7 des Lignes directrices 2006 du GIEC a alors été choisie, en se basant sur d'autres informations telles que l'évolution du cadre de la réglementation au Canada. Ces coefficients d'émission ont été appliqués pour toute la durée, à partir de 1995.

Les coefficients d'émissions pour la sous-application « Autres équipements », sous Réfrigération, un assemblage des applications de spécialités, ont été déterminés par la moyenne pondérée des coefficients d'émissions établis à partir d'autres sous-applications propres à la réfrigération.

Pour les applications climatisation et réfrigération, les durées de vie prévues prises en compte pour les estimations des émissions ont été choisies selon les résultats des enquêtes et l'information publiée dans le Tableau 7.9 du Chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Pour les applications restantes de HFC, les coefficients d'émissions et les durées de vie des HFC ont été choisis à partir du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Le Tableau A6.2–13 de l'Annexe 6 présente les coefficients d'émissions qui ont servi à estimer les émissions de HFC.

L'examen technique par des experts du RIN 2024 du Canada ont recommandé que l'équipe responsable de l'inventaire effectue des recherches afin de vérifier ou d'actualiser les coefficients d'émission propres au pays, et ce, en focalisant sur les coefficients d'émission en fin de vie au niveau des applications causant le plus d'émission (réfrigération, climatisation et expansion de mousses). L'équipe responsable de l'inventaire a contacté le HRAI afin de demander des données sur la récupération intérieure, le recyclage, la remise en état et la destruction. L'équipe responsable de l'inventaire a également accès aux données, disponibles à partir de 2017, sur les exportations des HFC utilisés et déclarés conformément au RSACOHR (ECCC, 2023, 2024, 2025a). Les efforts liés à la collecte des données, à leur analyse et à leur intégration dans le rapport se poursuivent.

A3.3.3.4. Estimations des émissions

La consommation nette d'un HFC donné dans une sous-application spécifique est calculée au moyen de l'Équation A3.3–2. Cette équation est une version modifiée de l'Équation 7.1 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC, adaptée au contexte canadien. La quantité totale de chaque HFC encore présente dans les produits après les pertes dues à l'assemblage, les pertes en service et en fin de vie sont également calculées, ce qui est aussi appelé l'ensemble des HFC.

Équation A3.3–2

$$C_{net,i} = IM_{bulk,i} - EX_{bulk,i} + IM_{fabrication,i} - EX_{fabrication,i}$$

$C_{net,i}$ = Consommation nette de HFC i, kg
$IM_{bulk,i}$ = Importations ou ventes de HFC en vrac i, kg
$EX_{bulk,i}$ = exportations de HFC inutilisés en vrac i, kg. Cette valeur est réglée à zéro pour les années où l'on récolte des données sur les ventes plutôt que sur les importations et les exportations.
$IM_{fabrication,i}$ = Importations de biens fabriqués contenant du HFC i, kg
$EX_{fabrication,i}$ = Exportations de biens fabriqués contenant du HFC i, kg

Les émissions annuelles pour chaque étape application du cycle de vie sont estimées pour chaque sous-application en multipliant la quantité de HFC à cette étape par le coefficient d'émissions correspondant. Il est présumé qu'une fois qu'un bien est fabriqué, la technologie et son coefficient d'émissions en service inhérent resteront constants tout au long de sa durée de vie. L'estimation du coefficient d'émissions en service prend en compte la quantité de HFC qui a déjà été émise durant l'étape de l'assemblage. De même, les estimations pour la fin de vie sont basées sur la quantité de HFC disponible après que les émissions d'assemblage et les émissions en service ont eu lieu et sur le coefficient d'émissions correspondant pour la sous-application. Le coefficient d'émissions de fin de vie utilisé prend aussi en compte la réglementation en place lors de la désaffectation.

Les sections suivantes expliquent de manière plus détaillée les équations servant à estimer les émissions de HFC qui ont été utilisées pour chaque application ou sous-application distincte.

A3.3.3.4.1. Émissions de HFC provenant des aérosols

Les émissions de HFC provenant de l'application « aérosols » sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–3, qui est l'Équation 7.6 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–3

$$EA_t = (A_t \times CE_A) + (A_{t-1} \times (1 - CE_A))$$

EA_t = émissions des aérosols dans l'année t, tonnes
A_t = quantité de HFC présent dans les produits aérosols vendus dans l'année t, tonnes
A_{t-1} = quantité de HFC présent dans les produits aérosols vendus dans l'année t-1, tonnes
CE_A = coefficient d'émissions en service, pour les aérosols, fraction

A3.3.3.4.2. Émissions de HFC provenant des agents d'expansion des mousses à alvéoles ouverts

Les émissions de HFC provenant de l'expansion des mousses à alvéoles ouverts sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–4, qui est l'Équation 7.8 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–4

$$EMAO_t = M_t$$

$EMAO_t$ = émissions des agents d'expansions des mousses à alvéoles ouverts dans l'année t, tonnes
M_t = quantité de HFC utilisée dans la fabrication de nouveaux mousses à alvéoles ouverts dans l'année t, tonnes

A3.3.3.4.3. Émissions de HFC provenant des agents d'expansion des mousses à alvéoles fermés

Les émissions de HFC provenant de l'expansion des mousses à alvéoles fermés sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–5, qui est une version modifiée de l'Équation 7.7 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'équation a été modifiée, car aucune information sur la récupération et la destruction des HFC contenus dans les mousses à alvéoles fermés et leurs agents d'expansion n'était disponible.

Équation A3.3–5

$$EMAF_t = (MAF_t \times CE_A) + (MAFEnsemble_{t\text{-}n+1\rightarrow t} \times CE_{ES}) + (MAFFDV_{t\text{-}n+1} \times CE_{FDV})$$

$EMAF_t$ = émissions des agents d'expansion des mousses à alvéoles fermés dans l'année t, tonnes

MAF_t = quantité de HFC utilisée dans la fabrication de nouveaux mousses à alvéoles fermés dans l'année t, tonnes

CE_A = coefficient d'émissions d'assemblage pour les mousses à alvéoles fermés, fraction

$MAFEnsemble_{t\text{-}n+1\rightarrow t}$ = quantité de HFC introduite dans la fabrication de mousses à alvéoles fermés ou importée dans des produits/de l'équipement entre l'année t-n+1 et l'année t (inclusivement) qui demeure présente dans des produits/de l'équipement en utilisation au Canada dans l'année t, tonnes

CE_{ES} = coefficient d'émissions en service pour les mousses à alvéoles fermés, fraction

$MAFFDV_{t\text{-}n+1}$ = quantité de HFC introduite dans la fabrication de mousses à alvéoles fermées ou importée dans des produits/de l'équipement dans l'année t-n+1 qui demeure présente dans des produits/de l'équipement désaffectés dans l'année t, tonnes

CE_{FDV} = coefficient d'émissions de fin de vie pour les mousses à alvéoles fermés, fraction

n = durée de vie du produit des mousses à alvéoles fermés

t = année actuelle

A3.3.3.4.4. Émissions de HFC provenant des conditionneurs d'air et des réfrigérateurs fabriqués au Canada

Les émissions de HFC de l'équipement de conditionnement d'air et des réfrigérateurs fabriqués au Canada sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–6, qui est une version modifiée de l'Équation 7.10 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–6

$$ECARFEOM_t = (CARFEOM_t \times CE_A) + (CARFEOMEnsemble_{t\text{-}n+1\rightarrow t} \times CE_{ES}) + (CARFEOMFDV_{t\text{-}n+1} \times CE_{FDV})$$

$ECARFEOM_t$ = émissions des conditionneurs d'air ou des réfrigérateurs fabriqués au Canada dans l'année t, tonnes

$CARFEOM_t$ = quantité de HFC utilisée dans la fabrication de conditionneurs d'air ou de réfrigérateurs dans l'année t, tonnes

CE_A = coefficient d'émissions d'assemblage pour les nouveaux conditionneurs d'air ou réfrigérateurs, fraction

$CARFEOMEnsemble_{t\text{-}n+1\rightarrow t}$ = quantité de HFC introduite dans les nouveaux conditionneurs d'air ou réfrigérateurs entre l'année t-n+1 et l'année t (inclusivement) qui demeure présente dans l'équipement en utilisation au Canada dans l'année t, tonnes

CE_{ES} = coefficient d'émissions en service pour les conditionneurs d'air ou réfrigérateurs, fraction

$CARFEOMFDV_{t\text{-}n+1}$ = quantité de HFC introduite dans les nouveaux conditionneurs d'air ou réfrigérateurs dans l'année t-n+1 qui demeure présente dans l'équipement désaffecté au Canada dans l'année t, tonnes

CE_{FDV} = coefficient d'émissions de fin de vie pour les conditionneurs d'air ou réfrigérateurs, fraction

n = durée de vie du produit des conditionneurs d'air ou réfrigérateurs

t = année actuelle

A3.3.3.4.5. Émissions provenant des conditionneurs d'air et des réfrigérateurs fabriqués ailleurs

L'Équation A3.3–6 est appliquée pour estimer les émissions de HFC provenant des conditionneurs d'air et des réfrigérateurs fabriqués ailleurs, sauf que le coefficient des émissions d'assemblage, dans ce cas, est égal à zéro.

A3.3.3.4.6. Émissions de HFC provenant des solvants

Les émissions de HFC provenant des solvants sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–7, qui est une version modifiée de l'Équation 7.5 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Elle a été modifiée, car aucune information sur la destruction des HFC utilisés comme solvants n'est disponible.

Équation A3.3–7

$$ES_t = (S_t \times CE_S) + (S_{t\text{-}1} \times (1 - CE_S))$$

ES_t = émissions des solvants dans l'année t, tonnes

S_t = quantité de HFC présent dans les solvants vendus dans l'année t, tonnes

$S_{t\text{-}1}$ = quantité de HFC présent dans les solvants vendus dans l'année t-1, tonnes

CE_S = coefficient d'émissions en service pour les solvants, fraction

A3.3.3.4.7. Émissions de HFC provenant des systèmes de suppression et d'extinction des incendies

Les émissions de HFC provenant des systèmes de suppression ou d'extinction des incendies sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–8, qui est une version modifiée de l'Équation 7.17 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Elle a été modifiée, car aucune information sur la destruction des HFC utilisés dans les systèmes de suppression et d'extinction des incendies n'est disponible.

Équation A3.3–8

$$ESSEIM_t = (ESSEIEnsemble_{t\text{-}n+1\rightarrow t} \times CE_{ES}) + (ESSEIFDV_{t\text{-}n+1} \times CE_{FDV})$$

$ESSEIM_t$	=	émissions des systèmes de suppression et d'extinction des incendies dans l'année t, tonnes
$ESSEIEnsemble_{t\text{-}n+1\rightarrow t}$	=	quantité de HFC introduite dans les systèmes de suppression et d'extinction des incendies ou importée pour ces systèmes entre l'année t-n+1 et l'année t (inclusivement) qui demeure présente dans les systèmes en utilisation au Canada dans l'année t, tonnes
CE_{ES}	=	coefficient d'émissions en service pour les systèmes de suppression et d'extinction des incendies, fraction
$ESSEIFDV_{t\text{-}n+1}$	=	quantité de HFC introduite dans les systèmes de suppression et d'extinction des incendies ou importée pour ces systèmes dans l'années t-n+1 qui demeure présente dans les systèmes désaffectés dans l'année t, tonnes
CE_{FDV}	=	coefficient d'émissions de fin de vie pour les systèmes de suppression et d'extinction des incendies, fraction
n	=	durée de vie du produit des systèmes de suppression et d'extinction des incendies
t	=	année actuelle

A3.3.3.4.8. Émissions de HFC provenant des applications d'articles divers et autres produits

Les émissions de l'application articles divers et autres produits sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–9, qui est l'Équation 7.18 du Chapitre 7 du Volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–9

$$EADAP_t = (ADAP_t \times CE_{ADAP}) + (ADAP_{t\text{-}1} \times (1 - CE_{ADAP}))$$

$EADAP_t$	=	émissions des articles divers et autres produits dans l'année t, tonnes
$ADAP_t$	=	quantité de HFC présent dans les articles divers et autres produits vendus dans l'année t, tonnes
$ADAP_{t\text{-}1}$	=	quantité de HFC présent dans les articles divers et autres produits vendus dans l'année t-1, tonnes
CE_{ADAP}	=	coefficient d'émissions en service pour les articles divers et autres produits, fraction

A3.3.3.4.9. Estimations des émissions annuelles totales de HFC

Les estimations des émissions annuelles totales pour chaque HFC sont dérivées en additionnant les émissions de chaque application applicable. Une fois que les estimations des émissions annuelles au niveau national sont obtenues, elles sont ventilées par province et territoire en fonction de variables de substitution, comme les superficies commerciales pour la réfrigération commerciale et le nombre de ménages pour la réfrigération résidentielle. Pour ce faire, les données relatives aux variables de substitution ont été fournies par la Division d'analyse et modélisation d'ECCC et par la section Transport de la Division des inventaires et rapports sur les polluants (ECCC, 2025b, 2025c).

A3.3.4. Émissions de SF_6 des équipements électriques (Catégorie 2.G.1 des TCD)

A3.3.4.1. Méthode – Détermination de la méthode de quantification propre au pays

Pour quantifier les émissions de SF_6, l'industrie canadienne de l'électricité utilise une méthode déterminée à partir de l'équation de Niveau 3 de base, soit l'Équation 8.10 du volume 3 des Lignes directrices du GIEC (2006) sur le cycle de vie, présentée ci-dessous.

A3.3.4.1.1. Émissions durant la fabrication des équipements

Selon certaines sociétés de services publics, l'équipement électrique acheté par le secteur de l'électricité canadien est fabriqué aux États-Unis, en Europe et en Asie, et donc les émissions associées à sa fabrication auraient été libérées principalement en dehors du Canada.

A3.3.4.1.2. Émissions durant l'installation de l'équipement

Au moment de sa livraison aux services, l'équipement contenant du SF_6 est chargé d'une certaine quantité de SF_6, puis il est chargé à sa capacité maximale une fois rendu à l'installation. Au sein de l'industrie canadienne de l'électricité, les émissions potentielles de SF_6 durant l'installation de l'équipement sont considérées comme extrêmement faibles. Une vérification de la mise sous vide est habituellement réalisée avant l'installation d'un nouvel équipement pour s'assurer que celui-ci est étanche aux fuites de gaz.

A3.3.4.1.3. Émissions durant l'utilisation des équipements

La principale source d'émissions de SF_6 est due à l'accumulation de faibles émissions durant le fonctionnement normal de l'équipement. Il est possible que des émissions de gaz surviennent au cours des opérations de manipulation et de transfert du gaz, mais de telles émissions seraient considérablement plus faibles que les émissions survenant durant l'utilisation normale de l'équipement.

En raison des fuites de SF_6 qui se produisent au cours des situations mentionnées ci-dessus, les services doivent remplir au maximum de sa capacité leurs équipements afin que ceux-ci soient correctement chargés et opérationnels. En remplissant les équipements au maximum de leur capacité avec du SF_6, les services sont en mesure de remplacer la quantité de gaz qui s'est échappé.

A3.3.4.1.4. Émissions durant la désaffectation des équipements et durant les pannes

Lors de la désaffectation, le SF_6 contenu dans les équipements mis hors service doit être récupéré avant leur élimination. Étant donné que des émissions de SF_6 peuvent survenir en fonction de la façon dont le gaz est transféré à l'extérieur de l'équipement durant sa récupération, la désaffectation d'équipements mis hors service devient une source potentielle d'émissions.

Quand des pannes d'équipements désastreuses surviennent, une quantité importante de SF_6 s'échappe de l'équipement. Par conséquent, les dommages touchant les équipements représentent une source potentielle d'émissions.

Les équipements mis hors service et les équipements endommagés qui ne peuvent pas être réparés sont transportés à l'extérieur du site en vue d'être éliminés.

A3.3.4.1.5. Émissions provenant du recyclage du SF_6

Quand du SF_6 est récupéré d'un équipement, il est filtré dans une bouteille à gaz ou un autre équipement filtrant pour en retirer l'humidité et les impuretés avant de le réutiliser. Quand du SF_6 a été contaminé par de l'air ou des impuretés et que sa pureté est inférieure à un certain niveau (le niveau acceptable varie entre 95 et 99 %, selon les pratiques du service), il ne peut pas être réutilisé et est donc expédié aux États-Unis en vue d'être purifié à l'extérieur du site. Aucune installation au Canada n'effectue la purification du SF_6. Une des méthodes employées pour le purifier consiste à utiliser un procédé cryogénique pour séparer et retirer l'air/azote du SF_6. La purification du SF_6 n'entraîne aucune émission de SF_6. Donc, les émissions provenant du recyclage du SF_6 sont éliminées du calcul des émissions totales.

Compte tenu du raisonnement précédent, l'industrie canadienne de l'électricité utilise une approche modifiée de Niveau 3 du GIEC propre au Canada pour estimer les émissions de SF_6. Seules les émissions provenant de l'utilisation ainsi que de la désaffectation et des pannes de l'équipement sont calculées, comme l'indique l'Équation A3.3–10.

Équation A3.3–10

$$\textit{Total des émissions de } SF_6 \textit{ des services publics} = \sum \textit{Émissions durant l'utilisation de l'équipement} + \sum \textit{Émissions durant la désaffectation des équipements ou durant les pannes}$$

A3.3.4.2. Méthode – Quantification des émissions provenant de l'utilisation des équipements

Les émissions survenant durant l'utilisation d'équipements sont le résultat de fuites au cours des activités de transfert et de manipulation du gaz ainsi que de fuites au cours de l'utilisation normale de l'équipement. Afin de maintenir les équipements correctement chargés et opérationnels, les services publics doivent remplir leurs équipements au maximum de leur capacité de manière à remplacer la quantité de gaz qui s'est échappée. Cette quantité s'appelle le « plein ».

Des fuites de SF_6 surviennent aussi durant les activités d'entretien et de réparation. Quand un équipement doit être réparé ou envoyé aux fins d'entretien, le SF_6 y est récupéré; ensuite, le SF_6 récupéré est rechargé dans ce même équipement. Une quantité additionnelle de gaz sera requise pour remplir l'équipement, car une certaine quantité de gaz peut s'être échappée lors des activités normales et durant le transfert du gaz récupéré entre l'équipement et les bouteilles à gaz (ou cylindres de stockage) puis de nouveau vers l'équipement. La quantité additionnelle de SF_6 est celle requise pour remplir l'équipement au maximum de sa capacité, soit le « plein ». Donc, une estimation exacte de la quantité de SF_6 consiste à calculer la quantité utilisée par les services publics pour remplir leurs équipements au maximum de leur capacité durant la phase d'utilisation des équipements.

A3.3.4.2.1. Options pour surveiller la quantité de SF_6 utilisé pour faire le plein

Se trouvent ci-dessous des options permettant aux services publics d'électricité canadiens d'effectuer un suivi de la quantité de SF_6 nécessaire pour faire le plein, et ce, de manière à quantifier les émissions de SF_6 au cours de la phase d'utilisation de l'équipement. Ces options sont énumérées en ordre décroissant, de la plus précise à la moins précise. La méthode la plus précise nécessite la mesure directe de la quantité de gaz transférée en faisant le plein, tandis que les méthodes moins précises sont basées sur l'utilisation de registres d'inventaire ou de reçus d'achat pour obtenir une estimation. Il incombera à chaque service public de choisir la méthode qu'il utilisera. Les services publics canadiens peuvent suivre la quantité de SF_6 utilisée annuellement pour faire le plein (c'est-à-dire, la quantité ayant été émise) en utilisant des débitmètres massiques, en calculant un bilan massique ou en comptant le nombre de bouteilles consommées.

Pour toutes ces options de suivi, il est supposé que les quantités de SF_6 mesurées ne comprennent pas le gaz utilisé pour pressuriser le nouvel appareillage de connexion au maximum de sa capacité au moment de l'installation. En effet, le gaz utilisé à cet effet est habituellement fourni par le fournisseur de l'appareillage de connexion au moment de l'installation et ne sort donc pas de l'inventaire du service public (veuillez consulter la section A3.3.4.1.2 – Émissions durant l'installation de l'équipement).

Option 1 : Débitmètres massiques

L'utilisation de débitmètres massiques représente la méthode la plus précise pour mesurer la quantité de SF_6 consommé en faisant le plein. La somme de toutes les quantités mesurées durant ce remplissage sera utilisée pour déterminer les émissions durant l'utilisation de l'équipement.

Option 2 : Bilan massique

Les services publics peuvent choisir de peser leurs bouteilles de SF_6 pour déterminer la quantité de SF_6 consommé en faisant le plein. La différence de masse des bouteilles peut être déterminée à chaque fois qu'un équipement est ainsi rempli ou en se basant sur l'inventaire. Les services publics doivent également tenir des registres sur tous les achats de bouteilles ou tous les ajouts au stock de bouteilles, sur le poids des bouteilles retournées aux fournisseurs et sur la quantité de SF_6 expédiée hors site pour recyclage ou destruction durant l'année. Lorsqu'ils recourent à la méthode du bilan massique, les services publics doivent s'assurer que la précision de la balance est compatible avec le poids des bouteilles à peser. Par exemple, les services publics doivent utiliser une balance ayant une précision de ±1 kg et non de ± 5 kg pour peser une bouteille de 50 kg.

Option 3 : Dénombrement des bouteilles

En l'absence de débitmètres massiques ou de balances, les services publics peuvent choisir de se fier à l'information provenant du fournisseur, aux registres d'inventaire ou aux reçus d'achat pour déterminer le nombre de bouteilles de SF_6 pleines achetées et leur poids. Il est possible de supposer que la masse de SF_6 consommé est égale à la quantité de SF_6 acheté dans une année, ou égale au changement dans le registre d'inventaire.

Le poids du SF_6 contenu dans les différents types de bouteilles doit être connu. Par conséquent, les services publics peuvent tout simplement obtenir le poids du SF_6 consommé pour faire le plein en comptant les bouteilles. Si plus d'un type de bouteille est utilisé, les services publics doivent s'assurer que le nombre de bouteilles de chaque type est multiplié par le poids de la bouteille de chaque type. Les totaux obtenus pour chaque type de bouteille sont ensuite additionnés, ce qui donne l'utilisation totale de SF_6.

A3.3.4.3. Méthode – Quantification des émissions dues à l'élimination de l'équipement et aux pannes

Les émissions dues à l'élimination de l'équipement et aux pannes comprennent les émissions découlant de la désaffectation d'équipements mis hors service et les émissions qui résultent de rares événements de pannes d'équipement catastrophiques.

Au cours de la désaffectation d'équipements mis hors service, des pertes de SF_6 surviennent quand le gaz est récupéré à partir de l'équipement mis hors service. Les émissions peuvent être estimées en calculant la différence entre la capacité nominale de l'équipement et la quantité récupérée de SF_6 (voir l'Équation A3.3–11).

Équation A3.3–11

$$\textit{Émissions durant la désaffectation de l'équipement} = \textit{Capacité nominale de l'équipement mis hors service} - \textit{Quantité de } SF_6 \textit{ récupéré dans l'équipement mis hors service}$$

La valeur de la capacité nominale (en unités de masse) peut être obtenue à partir des spécifications de l'équipement fournies par le fabricant de l'équipement ou à partir d'estimations d'ingénierie éprouvées. La quantité de SF_6 récupéré est pesée.

Quand des pannes ou des bris d'équipement surviennent et que leur importance rend impossible la réparation de l'équipement, il est supposé que la capacité nominale de l'équipement est représentative des émissions découlant des bris ou des pannes d'équipement.

L'information présentée dans cette section (A3.3.4) est un extrait du *Protocole d'estimation des émissions de SF_6 pour les services d'électricité* (EC et Association canadienne de l'électricité, 2008), qui est disponible à l'adresse suivante : http://www.publications.gc.ca/pub?id=9.642574&sl=1. Pour obtenir davantage d'information sur l'incertitude des données, le contrôle de la qualité des données, la vérification des données par de tierces parties, le transfert de l'information et des données à ECCC, la documentation et l'archivage, les nouveaux renseignements et les données mises à jour, ainsi que sur l'examen du protocole et les modifications apportées à celui-ci, veuillez consulter le protocole.

A3.4. Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture

Aperçu de la méthodologie pour les émissions agricoles

La présente section de l'Annexe 3 décrit les méthodes d'estimation, les équations, les données sur les activités, les coefficients d'émission et les paramètres utilisés pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur de l'Agriculture :

- les émissions de méthane (CH_4) dues à la fermentation entérique
- les émissions de CH_4 et d'oxyde nitreux (N_2O) attribuables à la gestion des fumiers et au brûlage de résidus agricoles dans les champs
- les émissions de N_2O des sols agricoles (émissions directes, émissions indirectes et émissions provenant du fumier laissé sur les pâturages, les grands parcours et dans les enclos)
- les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) résultant de l'application agricole de chaux et d'urée

La section A3.4.1 présente les sources des données sur les populations animales nécessaires aux calculs des émissions agricoles de CH_4 et de N_2O. Les méthodes utilisées pour calculer les émissions de GES agricoles sont décrites aux sections A3.4.2 à A3.4.8. Il convient de noter que les sols agricoles émettent et capturent également le CO_2, mais ces sources ou puits de carbone sont déclarés dans le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) (voir Annexe 3.5).

L'élevage d'animaux et la production agricole sont des systèmes intégrés qui interagissent avec la production d'émissions de GES. La méthodologie d'estimation des GES décrite à l'Annexe 3.4 commence par une estimation des émissions attribuables à l'élevage d'animaux, suivie par les émissions attribuables à la production agricole (Figure A3.4–1). Toutes les méthodes précisées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2006) pour le calcul des émissions suivent la formule de base des « données sur les activités » multipliées par les « coefficients d'émission ». Dans le cas des émissions agricoles, les « données sur les activités » peuvent se rapporter au nombre d'animaux, à la quantité d'azote (N) épandu sur les sols ou à toute autre mesure de l'activité agricole. Le « coefficient d'émission » est un taux d'émission moyen d'un GES particulier provenant d'une source donnée, relatif à une unité de données sur les activités. Le calcul des émissions agricoles est souvent séquentiel, car un grand nombre de processus sont interdépendants. Par exemple, les variations dans les populations d'animaux d'élevage et les caractéristiques de ces animaux peuvent modifier la quantité d'azote du fumier transféré du système d'élevage au système de production de cultures.

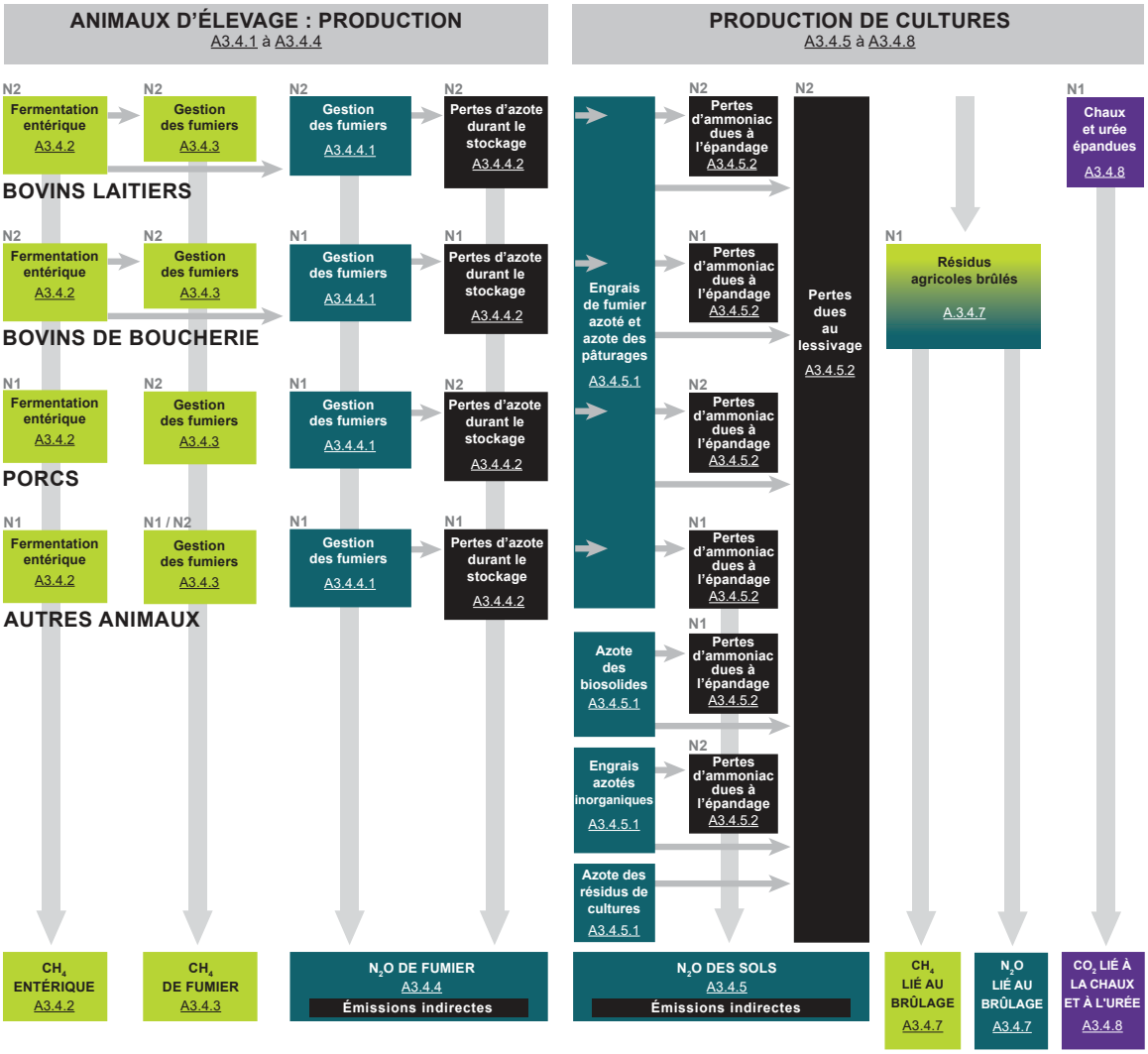
Les émissions provenant de l'élevage d'animaux sont principalement attribuables aux populations d'animaux, mais les coefficients d'émission sont tributaires d'autres facteurs. La qualité de la nourriture animale et sa quantité influent sur la rapidité de croissance des animaux et leur productivité (p. ex., production de lait par des vaches laitières), mais des variations dans les caractéristiques de la nourriture animale ont également des répercussions sur les quantités de méthane et de fumier produites par un animal (et, par conséquent, de carbone [C] et de N) qu'il rejette dans l'environnement. Ainsi, la qualité de la nourriture et la productivité des animaux peuvent être des facteurs qui modifient les coefficients d'émission attribuables aux animaux d'élevage au fil du temps. Les changements dans les infrastructures de gestion des fumiers (pour l'entreposage et l'épandage du fumier) ou les pratiques agricoles (comme les changements dans la quantité de temps que passent les animaux dans les pâturages) sont d'autres facteurs qui peuvent modifier la quantité ou le profil des émissions. Par conséquent, les coefficients d'émission peuvent également varier d'année en année, tout comme les données sur les activités.

Les méthodes d'estimation pour les animaux d'élevage utilisées dans le Rapport d'inventaire national (RIN) peuvent généralement être regroupées en quatre catégories : 1) bovins laitiers; 2) bovins de boucherie (non laitiers); 3) porcs; et 4) autres animaux d'élevage (Figure A3.4–1). Pour la catégorie des bovins de boucherie, les estimations des émissions du processus de fermentation entérique et de la gestion des fumiers sont fondées sur les méthodes de Niveau 2 du GIEC dans lesquelles ont été utilisés des paramètres propres au pays obtenus dans le cadre de consultations d'experts (Boadi et al., 2004a; Marinier et al., 2004) et des données sur la production animale sous forme d'augmentation du poids des carcasses (AAC, s.d. [a]). Pour ce qui est de la catégorie des bovins laitiers, la consultation d'experts a été améliorée par l'introduction de meilleures données sur la nourriture et sur la production, et l'introduction de renseignements tirés de données de l'enquête sur la gestion agroenvironnementale de Statistique Canada. Pour les catégories des porcs et des autres animaux d'élevage, la méthode de Niveau 1 par défaut du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de la fermentation entérique. Les émissions découlant de la gestion des fumiers de porc sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 avec des données provenant de la consultation d'experts (Marinier et al., 2004), des données sur la production animale sous forme d'augmentation du poids des carcasses et des renseignements tirés des enquêtes sur la gestion agroenvironnementale de Statistique Canada. Pour la plupart des autres animaux d'élevage, les émissions provenant de la gestion des fumiers sont calculées à l'aide des consultations d'experts ou des méthodes de Niveau 1 du GIEC. Les émissions des animaux autres que les bovins, les porcs, les moutons, la volaille, les chevaux et les bisons représentent moins de 0,5 % des émissions agricoles totales et moins de 0,05 % des émissions anthropiques totales à l'échelle nationale.

Les émissions de N_2O provenant de la production agricole sur les sols agricoles sont principalement attribuables aux ventes d'engrais azotés, à la superficie de cultures annuelles, au type de N épandu et au système de culture sur lequel il est épandu. Dans une moindre mesure, les émissions d'une province varient selon la disponibilité du fumier et des biosolides par rapport aux demandes en N des cultures. Une combinaison de données sur les activités (populations animales) et de facteurs, comme la qualité de la nourriture et sa quantité, la productivité des animaux et l'infrastructure de gestion des fumiers influent sur la quantité totale de N qui est transférée du système d'élevage aux sols agricoles et sur la quantité de N perdu dans l'environnement pendant ces transferts.

Spatialement, le N est distribué aux écodistricts agricoles, qui représentent un niveau du Cadre écologique national pour le Canada. Le pays est divisé en 1 027 écodistricts, chacun caractérisé par un ensemble distinct de types de reliefs, de modelés, de formations géologiques, de sols, de végétation, de plans d'eau et d'animaux. Les taux d'application sont calculés en fonction du N organique total selon les besoins des écodistricts et des cultures, et sont par la suite ajustés aux expéditions d'engrais provinciales, comme l'indique la section A3.4.5. Un coefficient d'émission propre au pays pour les sols agricoles est calculé pour chaque écodistrict (section A3.4.5.1), et est ajusté en fonction de la source de N, du système de culture, de la topographie, des sols et du climat de l'écodistrict, ainsi que des pratiques de gestion comme le travail du sol et l'irrigation. Les émissions sont par la suite calculées en fonction de la quantité de N épandu sur le sol, multipliée par le coefficient d'émission propre à l'écodistrict. Ainsi, la quantité d'émissions provenant d'une unité donnée de N ajouté aux sols varie selon l'écodistrict. Les sources de N comprennent les engrais organiques et inorganiques et les résidus de culture (le N contenu dans les matières végétales qui sont laissées dans les champs après la récolte).

Figure A3.4–1 **Aperçu des principales méthodes et des niveaux du GIEC utilisés pour estimer les émissions de la production d'animaux d'élevage et de cultures**



Les pertes d'azote attribuables à l'épandage de N sur les sols agricoles sont calculées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 pour les engrais azotés inorganiques, le fumier de bovins laitiers et le fumier de porc, et à l'aide d'une méthode de Niveau 1 pour tous les autres animaux d'élevage. Les émissions indirectes de N_2O attribuables à la perte de N du système agricole sont estimées à l'aide de coefficients d'émission de Niveau 1 du GIEC (2006) (section A3.4.5.2).

Les sources d'émission mineures, comme les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de chaux et d'urée à des fins agricoles et les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage des résidus agricoles dans les champs, sont estimées à l'aide des coefficients d'émission de Niveau 1 du GIEC (2006) et sont respectivement décrites dans les sections A3.4.8 et A3.4.7.

A3.4.1. Sources de données sur les populations animales

Les données annuelles sur la population d'animaux d'élevage à l'échelon provincial ont été utilisées pour établir les estimations des émissions. Les données sur les populations d'animaux d'élevage et de volaille correspondant à chacune des sous-catégories ont été obtenues pour chaque province auprès de Statistique Canada et d'autres sources, tel qu'il est décrit au Tableau A3.4–1.

Les populations annuelles de bovins, de moutons et de porcs sont présentées comme une simple moyenne des sondages semestriels ou trimestriels. Ces petits sondages sont corrigés par Statistique Canada avec des estimations de la population du recensement de l'agriculture (RDA), qui sont collectées tous les cinq ans, afin d'assurer l'exactitude des estimations.

Les estimations pour les populations de chevaux, de chèvres, de bisons[1], de lamas et d'alpagas, de chevreuils et d'élans, de sangliers, de lapins et de volailles sont tirées uniquement du RDA, et les populations annuelles sont établies par interpolation linéaire afin d'éviter de trop grandes variations entre les années de recensement. Les populations de chevreuils et d'élans, qui sont considérées comme nouvelles dans le secteur de la production canadienne de bétail et déclarées seulement dans le RDA pour les années de recensement débutant au cours de la période de déclaration, ont été extrapolées de nouveau à zéro pour l'année de recensement précédant leur première mention dans le RDA. Les données sur les populations de mules et d'ânes pour les années 2001, 2006, 2011, 2016 et 2021 ont été reçues par l'intermédiaire d'une communication personnelle[2] et proviennent de réponses compilées et fournies dans le cadre du RDA, tandis que les populations pour l'année 2024 ont été extrapolées. Les populations de mules et d'ânes n'ont pas été compilées avant le recensement de 2001, il a alors été supposé qu'elles étaient constantes au niveau de 2001 de 1990 à 2000. Les données sur les populations de sangliers pour les années de recensement 1991, 1996 et 2016 ont été reçues par l'intermédiaire d'une communication personnelle[3, 4] et elles ont été compilées à partir de réponses fournies dans le cadre du RDA. Comme il n'y a pas eu de recensement des populations de sangliers et de buffles en 1986, les populations établies en 1991 pour l'année de recensement de 1990 ont été utilisées.

Les estimations pour les populations reproductrices de visons et de renards sont tirées d'une enquête annuelle de Statistique Canada intitulée *Bilan des visons et renards dans les fermes d'élevage et nombre de fermes*, qui fournit le nombre de renards et de visons dans les fermes au 1er janvier de l'année de l'enquête. Statistique Canada a récemment annulé l'enquête sur les fermes d'élevage sur laquelle reposent les populations de visons et de renards, et examine actuellement d'autres sources de données. Dans l'intervalle, les populations de 2024 ont été établies comme égales à celles de 2020. Les données sur les populations de lapins sont tirées de réponses au RDA fournies sur le site Web de l'Information sur le marché des viandes rouges d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) (AAC, s.d. [b]), mais ont été modifiées en fonction de l'opinion d'experts[5] au moyen d'un facteur de correction pour estimer le nombre de lapins femelles comparativement au nombre total de lapins.

Pour appliquer une approche de fermentation entérique de Niveau 2 du GIEC pour les secteurs des Bovins laitiers et des Bovins de boucherie, les sous-catégories de populations de bovins provinciales, recueillies par Statistique Canada, ont été divisées en étapes de production de moins d'un an (soit « sous-catégorie de production ») afin d'isoler et de quantifier l'effet de pratiques de production précises sur la consommation d'énergie brute (EB) et, comme conséquence, sur l'émission de CH_4. Les données décrivant le milieu de production et le rendement connexe des espèces animales proviennent de diverses sources, notamment les suivantes : 1) plusieurs enquêtes sur les méthodes de production et de gestion publiées dans des revues scientifiques, 2) un sondage sur les pratiques de production laitière et des bovins de boucherie effectué auprès de spécialistes régionaux et provinciaux dans tout le pays, 3) une consultation de chercheurs des milieux universitaires et du gouvernement fédéral, et 4) des associations provinciales et nationales et des organismes provinciaux et régionaux de contrôle du rendement (Boadi et al., 2004a).

1 Dans les Tableaux communs de déclaration (TCD), les valeurs pour les bisons d'Amérique (*Bison bison*) qui sont élevés pour leur viande sont incluses dans la catégorie d'animaux « Buffle » du GIEC.

2 Laborde, L. 2015. Communication personnelle (courriel de L. Laborde au chef, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 2 septembre 2015). Division des inventaires et des rapports sur les polluants, ECCC.

3 Laborde, L. 2016. Communication personnelle (courriel de L. Laborde à C. Flemming, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 26 octobre 2016). Division des inventaires et des rapports sur les polluants, ECCC.

4 Taylor, P. 2016. Communication personnelle (courriel de P. Taylor à C. Flemming, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 21 septembre 2018).

5 Tapscott, B. 2015. Communication personnelle (courriel de B. Tapscott, OMAFRA, au chef, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 16 septembre 2015). Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC.

Ces données ont été utilisées pour créer une approche annuelle de la production bovine qui tient compte des variations régionales et saisonnières des pratiques de production. Par exemple, certains bovins de boucherie peuvent pâturer pendant différentes périodes dans différentes provinces. Par conséquent, les huit sous-catégories de bovins ont été ventilées en 38 étapes de production bovine distinctes, 29 étapes pour le secteur des Bovins de boucherie et neuf étapes pour le secteur des Bovins laitiers, observés dans toutes les provinces du pays (Tableau A3.4–2). L'approche permet de caractériser les bovins selon l'état physiologique, le régime alimentaire, l'âge, le sexe, le poids, le taux de croissance, le niveau d'activité et le milieu de production. Des travaux supplémentaires sur le secteur des Bovins laitiers ont été mis en œuvre lors de l'analyse de l'inventaire de 2018 afin de peaufiner les estimations de certains paramètres de Niveau 2. Cette amélioration a permis de créer une série chronologique qui reflète mieux les changements dans les méthodes de production du secteur

Tableau A3.4–1 **Catégories d'animaux et sources de données sur les populations**

Catégories	Sources/Notes
Bovins	Statistique Canada. Sans date (d). Tableau 32-10-0130-01. Nombre de bovins selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (tête) [consulté le 13 août 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210013001&request_locale=fr.
– Bovins laitiers	Tous les bovins destinés à la production de lait et de produits laitiers
– Bovins non laitiers	Tous les autres bovins
Bisons, chèvres, chevaux, lamas et alpagas, chevreuils et élans	Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada, années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 (n° 23-502-X au catalogue). Statistique Canada. Sans date (e). Tableau 32-10-0427-01. Stocks d'autres animaux sur les exploitations agricoles. Recensement de l'agriculture, 2011 et 2016, inactif. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210042701&request_locale=fr. Statistique Canada. Recensement de l'agriculture. 2022. 2021 : Certaines types de bétail et volailles, données chronologiques du Recensement de l'agriculture. Tableau 32-10-0155-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210015501&request_locale=fr. - Interpolation linéaire entre années de recensement; reste constante après le dernier recensement
Sangliers	Année de recensement 2021 : Statistique Canada. 2022. Certaines types de bétail et volailles, données chronologiques du Recensement de l'agriculture. Tableau 32-10-0155-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210015501&request_locale=fr. Année de recensement 2016[a] : Taylor, Patrick (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 21 septembre 2018. Année de recensement 2001 à 2011 : Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada : années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 (no 23-502-X au catalogue), Recensement de 2011. Statistique Canada. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011 (base de données). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210042701&request_locale=fr. - Interpolation linéaire entre les années de recensement; demeure constante après la dernière année de recensement. Années[a] de recensement 1991 et 1996 : Laborde, Leon (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 26 octobre 2016. - Interpolation linéaire entre les années de recensement; il est suposé que les données de 1990 sont les mêmes que celles de 1991
Visons et renards	Statistique Canada. Sans date. Tableau 32-10-0116-01 (anciennement CANSIM Tableau 003-0015) - Bilan des visons et renards dans les fermes d'élevage et nombre de fermes annuel [consulté le 28 octobre 2021]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210011601&request_locale=fr.
Mules et ânes[a]	Année de recensement 2021 : Statistique Canada. Sans date. Stock d'autres animaux sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021. Tableau 32-10-0155-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210015501&request_locale=fr. Année de recensement 2016 : Laborde, L. (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 16 mai 2018. Années de recensement de 2001 à 2011 : Laborde, L. (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 2 septembre 2015. - Population maintenue constante avant le recensement de 2001 et après le dernier recensement
Lapins	Agriculture et agroalimentaire Canada, Information sur le marché des viandes rouges, espèces alternatives de bétail. Disponible en ligne : https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges/apercu-lindustrie-cunicole. - Interpolation linéaire entre années de recensement; population constante depuis le dernier recensement - Facteur de correction appliqué pour isoler la population reproductrice, compte tenu de l'opinion d'expert fournie par Brian Tapscott, spécialiste de l'élevage d'animaux non traditionnels, OMAFRA
Moutons et agneaux	Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 32-10-0129-01 – Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel (tête) [consulté le 13 août 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012901&request_locale=fr.
Porcs	Statistique Canada. Sans date (f).Tableau 32-10-0290-01 – Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimestre, trimestriel (tête), base de données CANSIM. Années 1990-2006. Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 32-10-0126-01. Porcs, moutons et agneaux, production dans les fermes et production de viande. [consulté le 29 août 2024]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012601&request_locale=fr.
Volaille	Tableaux des données sur les exploitations et les exploitants (section 6.5, no de catalogue 95-629) (Statistique Canada [2007a])
	Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture (Canada et provinces), années de recensement 1976 à 2006 (Tableau 2.16 et section 4.6, numéro de catalogue 95-632 de Statistique Canada [Statistique Canada, 2007b]). Recensement 2011 et 2016 : Statistique Canada. Tableau 32-10-428-01 (anciennement CANSIM 004-0225) – Stocks de volailles le jour du recensement [consulté le 22 octobre 2018]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210042801&request_locale=fr. Recensement 2021 : Statistique Canada. Stocks de volailles sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021 [consulté le 6 octobre 2022]. Tableau 32-10-0374-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210037401&request_locale=fr. - Interpolation linéaire entre années de recensement; reste constante après le dernier recensement

Note :
a. Ces données pourraient être affectées par des erreurs dues à la couverture.

des Bovins laitiers et a introduit une analyse des changements dans la nutrition des vaches laitières tenant compte de travaux de recherche canadiens et nord-américains plus récents (Ellis et al., 2007; Ellis et al., 2010; Sheppard et al., 2011a; Sheppard et al., 2011b; VanderZaag et al., 2013; Appuhamy et al., 2016; Chai et al., 2016; Jayasundara et al., 2016).

Les pratiques d'alimentation du bétail du secteur des Bovins laitiers et de boucherie sont examinées en détail dans la section suivante.

Tableau A3.4–2 **Approche de production bovine par étapes**

Sous-catégorie	Milieu de production	Période de l'année[a]	Province
Vaches de boucherie	En gestation, confinées	Janv.–avr. / Oct.–déc.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches de boucherie	En lactation, pâturage	Mai–oct.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches de boucherie	En gestation, confinées	Févr.–mars	MB
Vaches de boucherie	En lactation, pâturage	Janv. / mars–déc.	MB
Taureaux reproducteurs	Adultes, confinés	Janv.–avr. / Nov.–déc.	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Adultes, pâturage	Mai–oct.	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Jeunes, confinés	Mars–avr.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Jeunes, pâturage	Mai–oct.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Jeunes, confinés	Nov.–déc. / Janv.–févr.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	De la naissance au pâturage	Mars	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Pâturage	Avr.–sept.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Génisses de remplacement	Oct.–déc. / Janv.–mars	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Génisses semi-finies	Oct.–déc. / Janv.–mars	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Bouvillons semi-finis	Oct.–déc. / Janv.–mars	NL/PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Génisses destinées à l'abattage	Oct.–déc. / Janv.–mars	NL/PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Bouvillons destinés à l'abattage	Oct.–déc. / Janv.–mars	PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses de remplacement	Jeunes, non gravides	Avr.–mai	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses de remplacement	En début de gestation	Juin–sept.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses de remplacement	En fin de gestation	Oct.–déc. / Janv.–mars	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	Avr.–juin	PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Bouvillons destinés à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	Avr.–juin	PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement, long engraissement	Avr.–juill.	NS/ON/MB
Bouvillons destinés à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement, long engraissement	Avr.–juill.	NS/ON/MB
Génisses semi-finies	Confinées	Mars–mai	NL/NS/ON/MB/SK/AB/BC
Bouvillons semi-finis	Confinés	Mars–mai	NL/NS/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses semi-finies	Pâturage	Juin–sept.	NL/NS/ON/MB/AB/BC
Bouvillons semi-finis	Pâturage	Juin–sept.	NL/NS/ON/MB/AB/BC
Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, long engraissement	Oct.–déc.	PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Bouvillons destinés à l'abattage	Parc d'engraissement, long engraissement	Oct.–déc.	PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches laitières	En lactation, confinées	var.[b]	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches laitières	En lactation, pâturage	var.	NL/PE/NB
Vaches laitières	En lactation, confinées (après pâturage)	var.	PE
Vaches laitières	Taries, alimentation de faible qualité	var.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/BC
Vaches laitières	Taries, alimentation de grande qualité	var.	MB/SK/AB/BC
Vaches laitières	Taries, pâturage	var.	NL/ON
Génisses laitières	Confinées (243 jours par année)	Janv.–avr. / Oct.–déc.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses laitières	Pâturage	Mai–oct.	NL/PE/NB/ON/SK
Génisses laitières	Confinées (365 jours par année)	Janv.–déc.	NB/ON/SK

Notes :
a. La période réelle de l'année peut varier légèrement d'une province à l'autre.
b. Variable selon l'exploitation agricole, la province et les cycles des animaux.

Méthodes d'élevage et rendement du secteur des Bovins laitiers

Les méthodes de production laitière ont varié dans tout le pays en raison de différences dans le prix des terres, le climat, la disponibilité de fourrage et l'accès aux marchés. Elles ont également changé considérablement entre 1990 et actuellement. Les pratiques prédominantes de gestion dans chaque province sont prises en compte par des paramètres spécifiques à chacune des provinces qui interviennent dans les équations de l'analyse de Niveau 2 du GIEC pour les émissions découlant de la fermentation entérique et de la gestion des fumiers.

Le Tableau A3.4–3 présente un exemple de données sur le rendement de la production recueillies pour le secteur canadien des bovins laitiers, qui étaient d'abord utilisées pour vérifier la qualité des données intégrées dans la méthode de Niveau 2 au début de l'étude de Boadi et al. (2004a). Bien que les sous-catégories fondamentales établies par Boadi et al. (2004a) étaient exactes pour le milieu des années 2000, lorsque le modèle de Niveau 2 a été rempli, il a été admis que certains paramètres de la production ne devraient pas être statiques au fil du temps et que ces paramètres pouvaient avoir des répercussions sur tous les aspects des émissions du secteur. Depuis 1990, compte tenu de l'augmentation de la production laitière dans les troupeaux de vaches laitières, le régime alimentaire d'une vache laitière moyenne a également connu des changements, tant dans la quantité que dans la qualité des aliments consommés.

Il n'existe aucune source de données nationale complète et uniforme sur la qualité des aliments donnés aux vaches laitières et son lien avec la production laitière et le rendement. Cependant, des ressources régionales et partielles existent, en particulier la base de données sur la qualité des aliments de Lactanet[6] pour certaines régions de l'est du Canada et les études du coût de production[7] pour le Québec et l'Ontario. Néanmoins, des statistiques uniformes sur la production laitière existent pour l'ensemble du pays. Des statistiques sur la production qui indiquent les proportions relatives de troupeaux de vaches laitières faisant partie des classes de productivité élevée, modérée et faible, et qui sont liées aux caractéristiques des troupeaux, comme la taille de l'exploitation agricole, sont recueillies, gérées et préparées pour l'inventaire par Lactanet.

Afin d'établir des paramètres qui font le lien entre la productivité et les méthodes de production, la base de données sur la qualité des aliments élaborée par Lactanet et qui est constituée de données sur les aliments recueillies et analysées pour plus de 2000 troupeaux de vaches laitières au Québec et dans le Canada atlantique, a été utilisée comme modèle pour établir une matrice des régimes alimentaires des animaux qui pourrait être associée à des tailles précises d'exploitations agricoles et à des classes de productivité. La composition des aliments, leur digestibilité, leur teneur en protéine brute et certaines caractéristiques des troupeaux comme la durée de la lactation et le poids des bovins ont été regroupés en fonction de cinq catégories liées à la taille de l'exploitation agricole et de trois catégories liées à la classe de productivité. Les statistiques sur la composition des aliments nécessaires pour les calculs de Niveau 2 ont été associées aux provinces

Tableau A3.4–3 **Caractéristiques typiques de la production laitière canadienne en 2001**

Catégorie d'animaux/paramètres	Caractéristiques de la production[b]	Sources[c]
Vaches laitières[a]		
Poids moyen (kg)	634 (51)	Okine et Mathison (1991); Kononoff et al. (2000); Petit et al. (2001)
Poids à l'âge adulte (kg)	646 (55)	
Taux de conception (%)	59,2 (7,3)	
Veaux		
Poids à la naissance (kg)	41 (3,3)	
Poids moyen (kg)	186 (18,5)	
Poids à l'âge adulte (kg)	330,5 (37,6)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})	0,7 (0,3)	
Taux de vêlage[d] (%)	93 (6)	
Génisses de remplacement		
Poids moyen (kg)	461,6 (24,7)	
Poids à la naissance, 1 an (kg)	327,8 (31,0)	
Poids à l'âge adulte au Moment du vêlage (kg)	602,1 (45,9)	
Poids à l'âge adulte (kg)	646,1 (54,9)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})	0,77 (0,14)	
Taux de remplacement (%)	32,3 (3,2)	Western Canadian Dairy Herd Improvement Services (2002)

Notes :
a. Les valeurs indiquées représentent des valeurs typiques observées au Canada, et non des moyennes pondérées en fonction des populations représentant quantitativement la production laitière canadienne, conformément aux TCD.
b. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.
c. Les valeurs sans référence ont été obtenues auprès d'experts (voir Boadi et al., 2004b).
d. Le «taux de vêlage» correspond au pourcentage de vaches ayant survécu à la saison hivernale qui ont produit un veau.

6 https://lactanet.ca/savoir-laitier/bibliotheque/

7 http://www.cdc-ccl.ca/fr/node/643

en fonction des proportions de leurs populations d'animaux qui appartiennent à diverses catégories de taille d'exploitation agricole et classes de productivité. Comme les données utilisées dans cette analyse de Lactanet ont été recueillies entre 2000 et 2010, les données des études sur les coûts supplémentaires de production (CdP) ont été utilisées comme indicateur des changements au projet dans certaines composantes liées aux aliments, en particulier la proportion d'ensilage des aliments par rapport à la proportion de foin pendant la période 1990 à 1999.

Une série chronologique comprenant les moyennes annuelles provinciales pondérées quant à la digestibilité des aliments, à la durée de la lactation et à la teneur en protéine brute dans les aliments a été transférée dans la structure actuelle de l'approche de Boadi et al. (2004a). En outre, le poids des bovins laitiers des provinces a été modifié en fonction des mesures moyennes comprises dans la base de données de Lactanet pour chaque catégorie relative à la taille de l'exploitation agricole et à la classe de productivité. Le changement de pourcentage dans le poids des bovins a été utilisé comme indicateur des changements dans le poids corporel, le poids à l'âge adulte et le gain de poids à partir des valeurs de référence de 2001 établies par Boadi et al. (2004a). La série chronologique quant au poids des bovins laitiers qui en découle a également été intégrée à la méthodologie de Niveau 2.

Données sur la production laitière et la matière grasse du lait

La productivité laitière a augmenté dans toutes les provinces canadiennes (Tableau A3.4–4), comme il a été documenté par Lactanet, qui a recueilli un échantillon de la production laitière représentant approximativement 2/3 de la population de vaches laitières au Canada pour la période 1999–2024, et qui compile et prépare les données aux fins d'utilisation dans l'inventaire. Ces données constituent la meilleure estimation de la production laitière réelle par vache et par province au Canada et constituent un échantillon représentatif de la production laitière globale au Canada, car les statistiques de production laitière enregistrées saisissent toutes les tailles et tous les niveaux de productivité laitière des fermes. Cependant, cet ensemble de données n'existe pas pour tout le Canada pour la période de 1990 à 1998. Les seules données disponibles pour cette période, pour l'ensemble du Canada, sont les données publiables déclarées par AAC. Ces données sont recueillies pour les animaux les plus productifs et la quantité de lait produite durant les 305 premiers jours de la période de lactation. La série chronologique sur la production laitière pour l'ensemble du troupeau canadien de 1990 à 1998 a été établie en fonction du rapport moyen entre les données publiables et les données de gestion de 1999 à 2007. Le coefficient d'émission calculé pour les vaches laitières reflète la tendance à la hausse de la production laitière.

Durée du séjour en milieu d'élevage

Il a été supposé que les vaches taries durant les mois d'été étaient au pâturage, et que les vaches taries durant le reste de l'année étaient confinées. De plus, il a aussi été supposé que les génisses de remplacement vêlaient à 24 mois. Les cycles de lactation étaient en moyenne de 320 jours; cependant, les cycles variaient selon les régions et sont fondés sur la productivité du troupeau.

Pourcentage de vaches en gestation

Le pourcentage de vaches en gestation dans le troupeau à tout moment dans Boadi et al. (2004a) a été estimé en divisant la durée moyenne de la gestation par l'intervalle de vêlage moyen régional, et en soustrayant ensuite le nombre de vaches improductives éliminées annuellement du troupeau.

Tableau A3.4–4 **Production laitière moyenne de 1990 à 2024 par province**

Année	Production laitière moyenne (kg animal^{-1} jour^{-1})									
	NL	PE	NS	NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC
1990	21,0	20,9	21,0	20,8	20,3	21,7	22,1	22,2	23,2	24,3
2005	27,0	27,1	26,9	26,4	25,9	26,7	27,4	29,3	29,3	30,4
2018	31,8	31,6	31,1	29,8	30,3	31,3	32,0	37,0	35,5	33,9
2019	34,9	33,1	32,0	30,2	31,2	32,5	33,2	36,4	35,7	34,3
2020	33,7	32,8	31,6	30,4	31,5	33,2	34,1	36,2	34,7	35,1
2021	34,5	34,0	32,9	31,2	31,9	34,6	34,0	36,5	35,7	35,4
2022	33,5	33,6	32,7	30,5	32,0	34,2	35,5	37,8	36,6	35,4
2023	37,3	32,2	32,2	30,3	31,7	34,5	33,4	37,1	36,0	34,4
2024	34,5	33,9	32,7	30,0	32,1	34,2	34,6	38,2	37,8	36,3

Note :
Source des données : Lactanet (2024)

Digestibilité de l'alimentation (DA %)

La digestibilité de l'alimentation a été dérivée des données liées aux aliments tirées de la base de données de Lactanet et des études du coût de production. Les valeurs utilisées dans les calculs de Niveau 2 sont des moyennes pondérées fondées sur la digestibilité mesurée de divers régimes alimentaires associés à une taille d'exploitation agricole et à une classe de productivité précise, qui ont été obtenues à l'aide des données recueillies par Lactanet. Pour les provinces qui ne sont pas directement représentées par les données de Lactanet, les valeurs de digestibilité ont été obtenues en multipliant la digestibilité par la proportion d'animaux dans chaque catégorie de taille d'exploitation agricole et de classe de productivité pour chaque province. La série chronologique de digestibilité de chaque province a par la suite été intégrée à l'approche de Niveau 2 existante, remplaçant ainsi les valeurs fixes de Boadi et al. (2004a).

Depuis 1990, la proportion de foin dans l'alimentation a diminué, tandis que la proportion d'ensilage a augmenté. Habituellement, l'ensilage a une valeur nutritive plus élevée étant donné que la portion digestible de l'aliment est mieux préservée et, par conséquent, davantage d'éléments nutritifs peuvent être digérés par l'animal. De plus, il y a eu une petite augmentation globale dans la quantité de concentrés et de suppléments dans les régimes alimentaires. En général, la digestibilité varie de 69 % à 72 % pour les vaches en lactation, et de 63 % à 65 % pour les vaches taries; il a été présumé que les génisses ont un régime alimentaire semblable à celui des vaches taries.

A3.4.1.1. Bovins non laitiers

Pratiques d'élevage et rendement

Les pratiques d'élevage pour les bovins non laitiers varient aussi d'une région à l'autre du pays selon le climat, le prix des terres et les différentes pratiques agricoles classiques. L'étude de Boadi et al. (2004a) décrit les pratiques prédominantes en 2001 dans chaque province en fonction du type d'animal, de l'état physiologique, de l'âge, du sexe, du taux de croissance, du niveau d'activité et du milieu d'élevage. Les valeurs présentées au Tableau A3.4–5 sont un exemple de données sur le rendement de la production recueillies pour les bovins de boucherie canadiens, d'abord utilisées pour vérifier l'AQ des données intégrées à la méthode de Niveau 2.

Les tendances du poids des carcasses sont utilisées à titre d'indicateurs de variation du poids à l'âge adulte par rapport aux valeurs de référence établies pour l'année 2001 par Boadi et al. (2004a) pour les sous-catégories d'animaux précises présentées dans le Tableau A3.4–6. Les données sur le poids des carcasses sont recueillies par l'Agence canadienne de classement du bœuf (ACCB) et publiées par AAC (AAC, s.d. [a]). Le poids des carcasses a augmenté dans la période de 1990 à 2003 pour les vaches de boucherie, les génisses destinées à l'abattage, les bouvillons et les taureaux (Figure A3.4–2). Depuis 2003, le poids des carcasses des vaches de boucherie est resté relativement inchangé, mais le poids des animaux destinés à l'abattage a continué d'augmenter jusqu'à récemment où il s'est stabilisé. En 2003, l'industrie canadienne des bovins de boucherie a été frappée par une épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine qui a conduit à une interruption des exportations de bœuf aux États-Unis. Après 2003, le poids des carcasses de taureaux abattus a donc augmenté par suite de l'élimination sélective de vieux taureaux. Pour établir une estimation plus représentative des troupeaux d'élevage, le poids vif moyen des taureaux à la valeur de 2002 a été utilisé. De 2009 à 2018, le poids d'abattage des taureaux a de nouveau été utilisé dans la série chronologique. Il a été observé que les poids des taureaux avaient considérablement diminué en 2013. Cette observation a été vérifiée : en général, les poids des taureaux présentent une variabilité plus élevée, en raison du faible nombre d'animaux abattus chaque année.

Durée du séjour en milieu d'élevage

Il a également été présumé que les génisses de remplacement âgées de plus de 15 mois étaient soit fécondées ou en gestation. Tous les animaux de remplacement (taureaux reproducteurs, jeunes et génisses de remplacement de plus de 12 mois) sont considérés comme entrant dans le troupeau de reproduction (taureaux reproducteurs en pleine maturité et vaches de boucherie) à l'âge de 24 mois. À l'âge de 12 mois, les génisses et les bouvillons destinés à l'abattage sont au parc d'engraissement ou gardés en semi-finition. Les animaux destinés à l'abattage font l'objet d'un court ou d'un long engraissement. Dans le cas du court engraissement, les animaux vont directement au parc d'engraissement et sont abattus après trois à quatre mois, alors que, dans le cas du long engraissement, les animaux sont habituellement gardés en semi-finition pendant six mois avant d'être envoyés au parc d'engraissement, où ils sont en finition pendant deux à quatre mois.

Digestibilité de l'alimentation (DA %)

Les valeurs de DA % calculées par Christensen et al. (1977) pour les fourrages des Prairies ont été utilisées afin d'estimer les valeurs de DA % correspondant à la Saskatchewan et au Manitoba. Les données fournies par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta et l'Université de l'Alberta (2003) ont été utilisées pour l'Alberta, et celles établies par le National Research Council des États-Unis (2001) ont servi à estimer les valeurs de DA % en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Est. Dans l'ensemble, la DA % variait de 60 % à 84 %, selon les rations et les régimes alimentaires.

L'hypothèse selon laquelle les veaux avaient un rumen non fonctionnel, ou ne consommaient que de très faibles quantités de nourriture sèche de la naissance jusqu'à l'âge de deux ou trois mois, a été posée. Par conséquent, les émissions de CH_4 attribuables à la fermentation entérique au cours des premiers mois ont été considérées comme nulles.

Tableau A3.4–5 **Caractéristiques typiques de la production bovine au Canada en 2001, selon diverses sources**

Catégorie d'animaux/paramètres	Caractéristiques de la production[a]	Sources[b]
Vaches de boucherie		
Poids moyen (kg)	603 (36)	Kopp et al. (2004)
Poids à l'âge adulte (kg)	619 (52)	AAFRD (2001)
Lait (kg jour^{-1})	7,3 (1,2)	Kopp et al. (2004)
Matières grasses du lait (%)	3,6 (0,6)	Kopp et al. (2004)
Taux de conception (%)	93,7 (1,3)	Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba (2000); AAFRD (2001)
Génisses de remplacement		
Poids moyen (kg)	478 (34)	
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})	0,64 (0,14)	
Taux de remplacement (%)	14,4 (3,1)	Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba (2000)
Taureaux		
Poids des animaux d'un an (kg)	541 (18)	
Poids moyen (kg)	940 (98)	
Poids à l'âge adulte (kg)	951 (112)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})	1,0 (0,17)	
Veaux (y compris les veaux laitiers)		
Poids à la naissance (kg)	40 (3)	AAFRD (2001)
Poids moyen (kg)	258,4 (19,1)	Small et McCaughey (1999)
Âge au sevrage (jours)	215 (15)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})		
- Génisses de remplacement	0,67 (0,13)	Kopp et al. (2004)
- Bovins semi-finis	0,98 (0,17)	
- Bovins destinés à l'abattage	1,37 (0,12)	
Production de veaux de l'année (%)	95 (2,3)	
Génisses et bouvillons de long engraissement		
Poids moyen (kg)	411 (47)	Kopp et al. (2004)
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})	0,98 (0,16)	
Proportion d'animaux envoyés au parc d'engraissement (%)	65 (30)	
Animaux gardés au parc d'engraissement		
Poids moyen (kg)		
- Finition directe	540 (25)	
- Engraissement des animaux semi-finis	562 (64)	
Poids à l'âge adulte (kg)	630 (46)	
Poids au terme de l'engraissement (kg)	609 (28)	
Gain de poids quotidien (kg jour^{-1})	1,37 (0,12)	

Notes :
Les valeurs indiquées représentent des valeurs typiques observées au Canada, et non des moyennes pondérées en fonction des populations représentant quantitativement la production bovine canadienne, conformément aux TCD.
a. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.
b. Les valeurs sans référence ont été obtenues auprès d'experts et compilées par Boadi et al. (2004b).

Figure A3.4–2 **Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC**

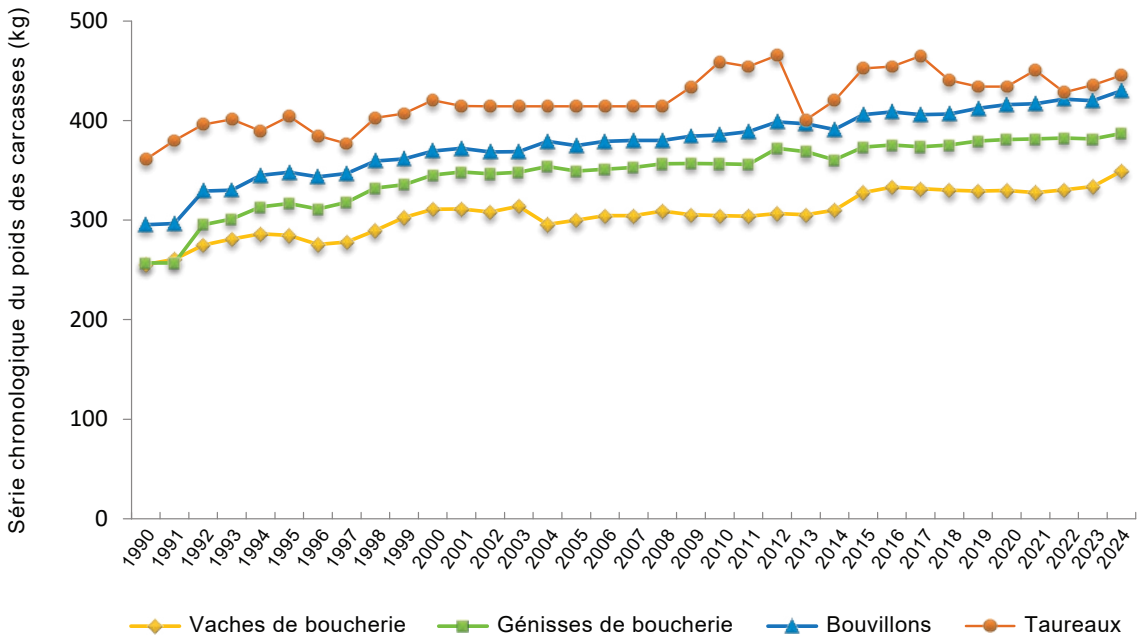


Tableau A3.4–6 **Indicateurs de changement du poids vif en fonction du temps pour les sous-catégories de bovins**

Sous-catégorie de bovin	Tendances du poids vif utilisées
Vaches de boucherie	Tendances du poids des carcasses de vaches de boucherie utilisées comme indicateur du poids vif.
Génisses destinées à l'abattage	Tendances du poids des carcasses de génisses utilisées comme indicateur du poids vif.
Génisses de boucherie	Tendances du poids des carcasses de génisses de boucherie utilisées comme indicateur du poids vif.
Bouvillons	Tendances du poids des carcasses de bouvillons utilisées comme indicateur du poids vif.
Taureaux	Tendances du poids des carcasses de taureaux utilisées comme indicateur du poids vif de 1990 à 2002; de 2003 à 2008, le poids vif est établi comme inchangé par rapport à 2002; de 2009 à aujourd'hui, les tendances du poids des carcasses sont de nouveau utilisées.
Veaux	Aucun changement
Vaches laitières	Tendances provinciales de la production des vaches laitières utilisées, avec une moyenne des poids corporels par classe de productivité, comme indicateur du poids vif.
Génisses laitières	Tendances du poids vif des vaches laitières utilisées comme indicateur du poids vif des génisses laitières.

Exemples de variabilité régionale et désagrégation des paramètres

Les méthodes propres au pays auxquelles le Canada a recours pour estimer les émissions des bovins sont appliquées à différentes échelles spatiales et à diverses catégories et pondérées à l'échelle nationale et selon les catégories des Tableaux communs de déclaration (TCD) pour les déclarations dans le RIN et le TCD.

En raison de la variabilité dans les paramètres partout au pays, qui découle des différences dans les pratiques agricoles, les populations d'animaux d'élevage, les types de climat, les systèmes de culture, les caractéristiques des sols et d'autres facteurs, les estimations nationales du Canada présentées dans les TCD sont les moyennes pondérées. Bon nombre des calculs sont effectués à un niveau désagrégé élevé. Les données sont traitées au moyen d'une série de bases de données relationnelles et de tableaux pouvant contenir plus de 10 millions de données. La présente section présente quelques exemples de paramètres propres aux bovins pour certaines années, régions et catégories de bovins dans le but d'améliorer la transparence des méthodes propres au pays pour les bovins. Un exemple de données sur les activités provinciales relatives aux animaux d'élevage obtenues de Statistique Canada est fourni dans le Tableau A3.4–7, pour les principaux animaux d'élevage et l'année d'inventaire la plus récente.

Tableau A3.4–7 **Populations provinciales d'animaux d'élevage par sous-catégorie, pour certains animaux d'élevage, en 2024**

Catégorie	Sous-catégorie	Population (× 1000 animaux)									
		AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
Bovins	Vaches laitières	83	81	44	16	5,1	21	322	12	354	28
	Vaches de boucherie	1 545	180	373	11	0,7	15	219	7,5	119	982
	Taureaux	94	13	21	0,6	0,1	1,1	16	0,6	7,5	54
	Génisses laitières	41	36	19	6,5	2,0	8,9	146	5,6	130	11
	Génisses de boucherie	246	39	57	1,5	0,2	2,5	35	1,3	15	155
	Génisses destinées à l'abattage	512	18	38	2,0	0,2	2,0	121	4,4	19	77
	Bouvillons	829	25	60	2,8	0,2	2,5	307	7,4	51	153
	Veaux	1 598	168	312	15	2,5	17	416	17	290	813
Moutons et agneaux	Moutons	103	24	41	3,7	1,7	9,5	169	4,6	113	50
	Agneaux	95	20	40	3,1	1,4	7,5	121	5,6	76	40
Porcs	Truies	111	6,0	356	5,8	0,1	2,9	319	3,5	296	116
	Verrats	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	2,5	0,7
	Porcs (< 20 kg)	573	31	1 443	17	0,3	7,5	1 406	16	1 345	408
	Porcs (20-60 kg)	328	18	680	2,2	0,1	1,2	827	7,1	969	156
	Porcs (> 60 kg)	514	25	954	3,9	0,1	1,6	1 106	11	1 643	260
Volaille	Dindes	541	734	656	61	4,2	189	2 453	2,6	1 351	93
	Poules	2 286	3 378	2 194	488	345	780	10 120	151	3 814	1 223
	Poulettes	948	1 377	940	237	174	366	5 241	51	1 934	451
	Poulets à griller	10 565	16 899	3 662	2 053	1 643	3 112	35 858	276	29 275	4 604
Autres	Chèvres	34	17	7,4	0,5	0,1	1,8	148	0,3	32	12
	Buffles	65	15	12	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,7	53
	Chevaux	68	19	15	0,7	0,0	1,2	42	0,5	14	23
	Lamas et alpagas	2,8	1,7	0,4	0,1	0,0	0,1	4,2	0,1	1,8	1,3

Note :
Source : Voir le Tableau A3.4–1.

Pour calculer les émissions provenant de la fermentation entérique des bovins, les populations sont établies et maintenues à l'échelle spatiale provinciale. Cependant, les huit sous-catégories de bovins sont désagrégées dans les 38 sous-catégories de production énumérées au Tableau A3.4–2 conformément à la méthode indiquée à la section A3.4.2. L'EB se calcule comme décrit à l'Équation A3.4–2 pour chaque sous-catégorie de production (Tableau A3.4–8). La valeur de l'EB de chaque sous-catégorie de production est ensuite pondérée en fonction de la durée de chaque stade de production pour obtenir une valeur pondérée par sous-catégorie d'animaux d'élevage, laquelle est transformée en matière sèche ingérée (MSI) (Tableau A3.4–10) lors du calcul du coefficient d'émission dans l'Équation A3.4–4. Les coefficients d'émission provinciaux, les valeurs d'EB, les données sur la production de lait (Tableau A3.4–4), le poids des bovins (Tableau A3.4–9) et d'autres paramètres sont pondérés par la fraction que représente la population provinciale de la sous-catégorie par rapport à la population nationale, avant d'être additionnés pour obtenir les valeurs nationales rapportées dans les TCD pour les catégories des Bovins laitiers et des Bovins non laitiers.

Pour le calcul des émissions de N_2O provenant du fumier de bovins, les huit sous-catégories de bovins énumérées dans le Tableau A3.4–7 sont conservées. Cependant, l'échelle spatiale des données sur les activités a été étendue, passant de 10 provinces à 405 écodistricts distincts, chaque écodistrict étant ensuite divisé en 22 types de gestion des fumiers par catégorie d'animaux pour donner la valeur estimative des émissions de N_2O provenant de la gestion des fumiers. Le N provenant de l'entreposage des fumiers, ainsi que d'autres sources de N, est appliqué sur l'ensemble des 32 types de cultures et associé à huit coefficients d'émission de N_2O du sol par écodistrict afin d'estimer les émissions directes de N_2O provenant de l'épandage de fumier sur les terres.

Tableau A3.4–8 **Exemple de paramètres de l'équation pour calculer l'énergie brute par système de production, pour deux provinces, en 2024**

Année	Province	Sous-catégorie	Sous-catégorie de production	EN_e	EN_a	EN_c	EN_l	EN_g	REE	REC	DA	EB
2024	QC	Vaches laitières	En lactation, confinées	48	0	2,0	102	2,9	0,53	0,34	71	415
			En lactation, pâturage	0	0	0	102	0	0	0	0	0
			En lactation, confinées (après pâturage)	0	0	0	102	0	0	0	0	0
			Taries, alimentation de faible qualité	40	0	2,0	0	2,4	0,51	0,30	64	139
			Taries, alimentation de grande qualité	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Taries, pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vaches de boucherie	En gestation, confinées	54	0	11	0	5,0	0,48	0,26	58	284
			En lactation, pâturage	55	9,3	11	29	5,1	0,51	0,31	65	347
			En gestation, confinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En lactation, pâturage	0	0	0	29	0	0	0	0	0
		Taureaux	Matures, confinés	74	0	0	0	0	0,48	0,26	58	267
			Matures, pâturage	65	11	0	0	0	0,51	0,31	65	226
			Jeunes, confinés	50	0	14	0	0	0,48	0,26	58	270
			Jeunes, pâturage	51	9	15	0	0	0,51	0,31	65	256
			Jeunes, confinés	69	0	18	0	0	0,48	0,26	58	368
		Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	32	0	14	0	1,9	0,51	0,30	64	177
			Pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées (365 j/an)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	37	0	15	0	0	0,48	0,26	58	233
			En début de gestation	38	6	17	0	3,5	0,51	0,31	65	227
			En fin de gestation	52	0	20	0	4,8	0,48	0,26	58	335
		Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Parc d'engraissement, court ou long engraissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Parc d'engraissement, long engraissement	40	0	27	0	0	0,56	0,38	84	170
		Bouvillons	Parc d'engraissement, court engraissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Parc d'engraissement, court ou long engraissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinés	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Parc d'engraissement, long engraissement	37	0	23	0	0	0,56	0,38	84	152
		Veaux	De la naissance au pâturage	8,2	0	3,9	0	0	0	0	0	0
			Pâturage	16	2,7	8,5	0	0	0,51	0,31	65	97
			Génisses de remplacement	30	0	13	0	0	0,48	0,26	58	193
			Génisses semi-finies	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Bouvillons semi-finis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Génisses destinées à l'abattage	31	0	21	0	0	0,50	0,28	61	228
			Bouvillons destinés à l'abattage	31	0	18	0	0	0,50	0,28	61	209
	SK	Vaches laitières	En lactation, confinées	51	0	8,8	121	3,0	0,53	0,34	71	498
			En lactation, pâturage	0	0	0	121	0	0	0	0	0
			En lactation, confinées (après pâturage)	0	0	0	121	0	0	0	0	0
			Taries, alimentation de faible qualité	43	0	8,8	0	2,5	0,51	0,30	63	190
			Taries, alimentation de grande qualité	43	0	8,8	0	2,5	0,52	0,32	67	173
			Taries, pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vaches de boucherie	En gestation, confinées	60	0	3,2	0	5,6	0,49	0,27	59	243
			En lactation, pâturage	51	8,7	3,2	19	4,8	0,51	0,31	65	266
			En gestation, confinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En lactation, pâturage	0	0	0	19	0	0	0	0	0
		Taureaux	Matures, confinés	94	0	0	0	0	0,49	0,27	58	329
			Matures, pâturage	69	12	0	0	0	0,51	0,31	65	243
			Jeunes, confinés	61	0	13	0	0	0,49	0,27	58	297
			Jeunes, pâturage	55	9,4	15	0	0	0,51	0,31	65	269
			Jeunes, confinés	87	0	17	0	0	0,49	0,27	58	417
		Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	31	0	13	0	1,8	0,50	0,29	62	180
			Pâturage	31	5,3	13	0	1,8	0,53	0,34	71	157
			Confinées (365 j/an)	31	0	13	0	1,8	0,50	0,29	62	180
		Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	34	0	7,0	0	0	0,49	0,27	59	160
			En début de gestation	31	5,2	7,8	0	2,9	0,51	0,31	65	154
			En fin de gestation	50	0	8,9	0	4,7	0,49	0,27	59	242
		Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	42	0	35	0	0	0,55	0,36	79	220
			Parc d'engraissement, court ou long engraissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées	36	0	20	0	0	0,53	0,33	69	189
			Pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Parc d'engraissement, long engraissement	41	0	34	0	0	0,55	0,36	79	215
		Bouvillons	Parc d'engraissement, court engraissement	40	0	30	0	0	0,55	0,36	79	196
			Parc d'engraissement, court ou long engraissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées	34	0	17	0	0	0,53	0,33	69	170
			Pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Parc d'engraissement, long engraissement	39	0	29	0	0	0,55	0,36	79	192
		Veaux	De la naissance au pâturage	10	0	4,3	0	0	0	0	0	0
			Pâturage	16	2,6	9,1	0	0	0,51	0,31	65	100
			Génisses de remplacement	33	0	6,4	0	0	0,49	0,27	59	152
			Génisses semi-finies	36	0	17	0	0	0,53	0,33	69	176
			Bouvillons semi-finis	36	0	14	0	0	0,53	0,33	69	164
			Génisses destinées à l'abattage	39	0	26	0	0	0,55	0,36	79	182
			Bouvillons destinés à l'abattage	39	0	22	0	0	0,55	0,36	79	168

Note : Des descriptions détaillées de chaque paramètre figurant dans ce tableau (EN_e, EN_a, EN_c, EN_l, EN_g, REE, REC, DA et EB) se trouvent dans le volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC, à la section 10.2.2 du Chapitre 10, et servent à l'Équation 10.16.

Tableau A3.4–9 **Exemple de série chronologique du poids des bovins par système de production, pour deux provinces, certaines années**

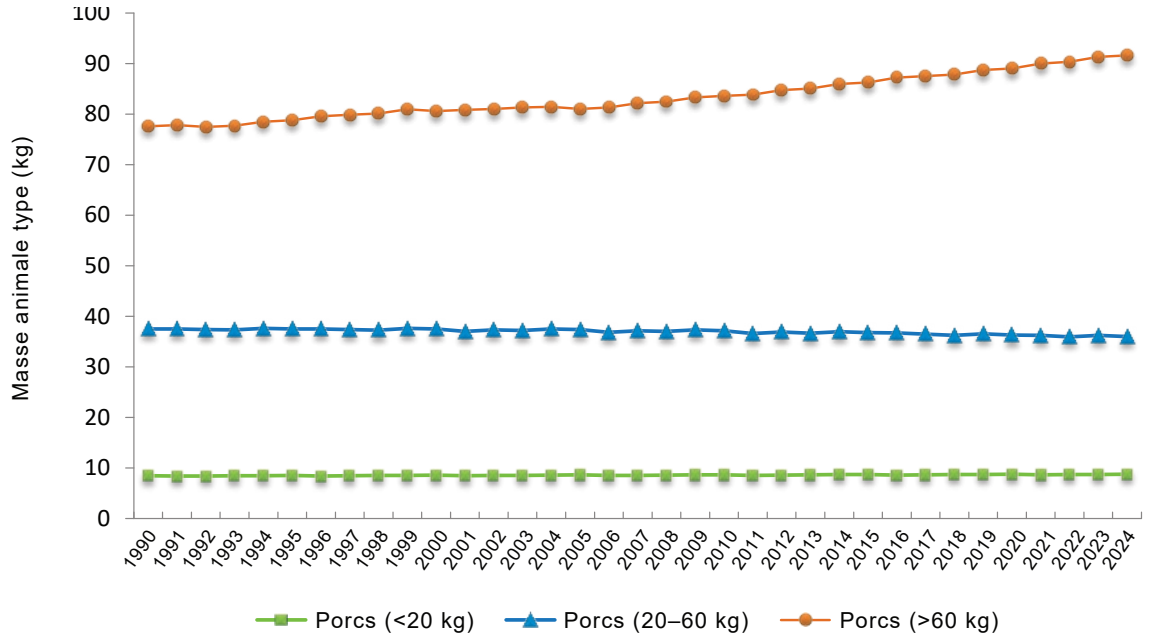
Province	Sous-catégorie	Stade de production	Poids corporel (kg)			Poids à maturité (kg)		
			1990	2005	2024	1990	2005	2024
QC	Vaches laitières	En lactation, confinées	613	616	615	635	638	637
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En lactation, confinées (après le pâturage)	0	0	0	0	0	0
		Taries, alimentation de faible qualité	613	616	615	635	638	637
		Taries, alimentation de grande qualité	0	0	0	0	0	0
		Taries, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Vaches de boucherie	En gestation, confinée	540	634	738	540	634	738
		En lactation, au pâturage	540	634	738	540	634	738
		En gestation, confinée	0	0	0	0	0	0
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Taureaux	Matures, confinés	790	906	974	790	906	974
		Matures, au pâturage	790	906	974	790	906	974
		Jeunes, confinés	481	552	594	790	906	974
		Jeunes, au pâturage	576	661	711	790	906	974
		Jeunes, confinés	711	816	878	790	906	974
	Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	456	458	458	635	638	637
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		Confinées (365 j/an)	0	0	0	0	0	0
	Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	349	410	477	540	634	738
		En début de gestation	420	492	573	540	634	738
		En fin de gestation	520	610	710	540	634	738
	Génisses destinées à l'abattage	En parc d'engraissement, courtes durées	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinées	0	0	0	0	0	0
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	363	493	611	485	659	816
	Bouvillons	En parc d'engraissement, courtes durées	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinés	0	0	0	0	0	0
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	391	496	569	522	662	760
	Veaux	Naissance au pâturage	63	63	63	658	658	658
		Au pâturage	178	178	178	658	658	658
		Génisses de remplacement	331	331	331	658	658	658
		Génisses semi-finies	0	0	0	0	0	0
		Bouvillons semi-finis	0	0	0	0	0	0
		Génisses destinées à l'abattage	360	360	360	658	658	658
		Bouvillons destinés à l'abattage	360	360	360	658	658	658
SK	Vaches laitières	En lactation, confinées	666	678	678	738	751	751
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En lactation, confinées (après le pâturage)	0	0	0	0	0	0
		Taries, alimentation de faible qualité	666	678	678	738	751	751
		Taries, alimentation de grande qualité	666	678	678	738	751	751
		Taries, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Vaches de boucherie	En gestation, confinées	494	579	675	494	579	675
		En lactation, au pâturage	494	579	675	494	579	675
		En gestation, confinées	0	0	0	0	0	0
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Taureaux	Matures, confinés	869	997	1072	869	997	1072
		Matures, au pâturage	869	997	1072	869	997	1072
		Jeunes, confinés	514	589	634	869	997	1072
		Jeunes, au pâturage	640	734	789	869	997	1072
		Jeunes, confinés	759	871	937	869	997	1072
	Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	441	448	448	738	751	751
		Au pâturage	441	448	448	738	751	751
		Confinées (365 j/an)	441	448	448	738	751	751
	Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	277	325	379	494	579	675
		En début de gestation	317	372	433	494	579	675
		En fin de gestation	379	444	518	494	579	675
	Génisses destinées à l'abattage	En parc d'engraissement, courtes durées	397	540	668	443	603	746
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinées	318	433	536	443	603	746
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	385	524	648	443	603	746
	Bouvillons	En parc d'engraissement, courtes durées	427	542	622	477	605	695
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinés	343	435	499	477	605	695
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	415	526	604	477	605	695
	Veaux	Naissance au pâturage	65	65	65	601	601	601
		Au pâturage	176	176	176	601	601	601
		Génisses de remplacement	296	296	296	601	601	601
		Génisses semi-finies	339	339	339	601	601	601
		Bouvillons semi-finis	339	339	339	601	601	601
		Génisses destinées à l'abattage	371	371	371	601	601	601
		Bouvillons destinés à l'abattage	371	371	371	601	601	601

A3.4.1.2. Porcs

Rendement de la production

Les tendances affichées par le poids des carcasses sont utilisées à titre d'indicateurs de variation du poids à l'âge adulte. Les données sur le poids des carcasses sont recueillies et publiées par Statistique Canada dans le cadre de l'enquête trimestrielle sur les recettes monétaires agricoles (Statistique Canada, s.d. [b]). Le poids moyen des carcasses parées et réfrigérées est converti en poids vif à l'aide d'un facteur de conversion correspondant (AAC, 2018). Depuis 1990, le poids des carcasses de porcs a augmenté constamment, de 77 kg à 104 kg (+36 %), par suite d'un changement dans les pratiques d'élevage et la génétique. La relation entre le poids vif et le gain de poids quotidien moyen, ainsi que les changements dans le gain de poids quotidien moyen au fil du temps par catégorie de poids des animaux, a été établie en fonction de données du Prairie Swine Research Centre et combinée à la série chronologique du poids à l'âge adulte afin d'établir une série chronologique de la masse animale type des porcs de marché. La masse animale type des porcs de marché varie selon la catégorie de poids (Figure A3.4–3) en fonction des taux de croissance accrus et, dans le cas de la catégorie de poids supérieure, d'une augmentation dans le poids des carcasses depuis 1990. La masse animale des individus reproducteurs a été maintenue constante à l'aide de la valeur par défaut du GIEC.

Figure A3.4–3 **Masse animale type des porcs, par catégorie de poids**



A3.4.2. Émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique

Les rejets de CH_4 attribuables au processus de fermentation entérique sont calculés à l'aide de l'Équation A3.4–1 pour toutes les catégories d'animaux d'élevage au Canada. Les émissions de CH_4 déclarées pour la Fermentation entérique chez les bovins sont estimées à l'aide de coefficients d'émission spécifiques au pays tirés des équations de Niveau 2 du GIEC (2006) (Tableau A3.4–11). Pour les autres catégories d'animaux, l'analyse de Niveau 1 du GIEC et des coefficients d'émission par défaut sont utilisés (voir l'Annexe 6).

Équation A3.4–1

$$CH_{4FE} = \sum_T (N_T \times CE_{(FE)T})$$

CH_{4FE} = émissions de CH_4 résultant du processus de fermentation entérique pour toutes les catégories animales, kg

N_T = population pour la T[e] catégorie ou sous-catégorie animale par province

$CE_{(FE)T}$ = coefficient d'émission pour la T[e] catégorie ou sous-catégorie animale, kg animal^{-1} (Tableau A3.4–11 pour les bovins; pour les autres catégories d'animaux, voir l'Annexe 6)

A3.4.2.1. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la fermentation entérique pour les bovins

Les coefficients d'émission ont été établis à l'échelle provinciale à l'aide d'équations de Niveau 2 du GIEC (2006) pour différentes sous-catégories de bovins (vaches laitières, génisses laitières, vaches de boucherie, génisses de boucherie, taureaux, veaux, génisses de remplacement, génisses et bouvillons de plus d'un an) en prenant pour base des étapes de production différentes. Pour estimer la fermentation à l'aide des équations de Niveau 2, il faut faire une approximation de l'EB consommée en se servant de l'Équation A3.4–2.

Équation A3.4–2

$$EB = \left[\left[\frac{(EN_e + EN_a + EN_l + EN_g)}{(REE)}\right] + \left[\frac{EN_c}{(REC)}\right]\right] / \left[\frac{DA\,\%}{100}\right]$$

EB = énergie brute, MJ jour^{-1}
EN_e = énergie nette requise pour l'entretien, MJ jour^{-1}
EN_a = énergie nette requise pour les activités, MJ jour^{-1}
EN_l = énergie nette requise pour la lactation, MJ jour^{-1}
EN_g = énergie nette requise pour la gestation, MJ jour^{-1}
REE = rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime d'entretien et l'énergie digestible consommée
EN_c = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ jour^{-1}
REC = rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime de croissance et l'énergie digestible consommée
$DA\,\%$ = digestibilité d'une ration, %

Toutes les estimations d'énergie nette sont appliquées conformément aux équations fournies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006). En raison du climat canadien, l'Équation 10.2 des Lignes directrices (Équation A3.4–3) a été établie pour les bovins non laitiers.

Équation A3.4–3

$$Cf_i\ (froid) = Cf_i + 0.0048 \times (20 - T\ °C)$$

Cf_i = coefficient qui varie pour chaque catégorie d'animaux mettant en rapport le poids et les besoins énergétiques requis pour la survie, MJ jour^{-1} kg^{-1}
$T\ ^oC$ = température quotidienne moyenne pendant l'hiver en °C

La valeur Cf_i ajustée pour le froid a été calculée à partir de la température moyenne de la période octobre-avril pour chaque province canadienne, pondérée selon l'emplacement géographique des types de bovins non laitiers (répartis à l'échelle des écodistricts) dans la province. Elle a ensuite été corrigée d'après le pourcentage d'animaux hébergés dans des étables pour différentes provinces, selon Sheppard et Bittman (2012), puis a été appliquée à toutes les étapes de production qui surviennent durant les mois d'hiver. Les étapes de production qui surviennent en hiver et en été, spécialement les étapes de finition des bouvillons et des génisses destinées à l'abattage, étaient des moyennes du Cf_i par défaut et du Cf_i ajusté pour le froid. À la suite de l'application de cette valeur, compte tenu des différentes étapes de production, les valeurs annuelles moyennes de Cf_i variaient entre 0,43 pour les vaches non laitières au Manitoba (la province la plus froide) et 0,37 pour les vaches non laitières de l'Ontario et de certaines des provinces maritimes. En pondérant les étapes de production, le Cf_i serait typiquement de 0,35, sans égard à l'effet de température. Le Cf_i plus faible dans l'Est du Canada est principalement dû aux températures plus douces, mais également à la pratique de garder les animaux dans des étables durant l'hiver, alors que dans l'Ouest du Canada le bétail est généralement gardé à l'extérieur. Par conséquent, l'effet du froid sur l'énergie nette nécessaire à la survie se manifeste surtout dans l'Ouest du Canada.

Différents profils de consommation sont nécessaires à différentes étapes de production pour obtenir l'énergie nécessaire aux conditions environnementales et aux produits animaux précis et, par conséquent, ces étapes correspondent à des valeurs d'EB différentes. Les émissions reportées sous Bovins laitiers, par exemple, ont été estimées pour deux catégories de production – les vaches taries et les vaches en lactation. Les vaches en lactation ont un taux de consommation (EB) élevé pour assurer la production laitière. Les vaches taries peuvent aussi être confinées ou gardées en pâturages, ce qui modifie aussi l'apport énergétique dont elles ont besoin.

Le temps total passé par un animal pendant une étape de production donnée peut aussi varier; une moyenne pondérée du coefficient d'émission a donc été calculée. Au nombre des critères de pondération figuraient la durée de séjour dans la catégorie visée et le pourcentage de population à chaque étape de production. De plus, certains calculs de l'énergie nette peuvent être modifiés selon un facteur qui tient compte du moment où l'énergie est fournie pendant une étape de production.

Un coefficient d'émission ($CE_{[FE]T}$) est calculé pour chaque province à l'aide de l'Équation A3.4–4. Les coefficients d'émission provinciaux ont été pondérés en fonction de la proportion de la population provinciale d'animaux par rapport à la population nationale afin d'établir un coefficient d'émission national pour chaque sous-catégorie, et ce, pour chaque année de la série

chronologique (Tableau A3.4–11). Dans le cas des coefficients d'émission des bovins non laitiers, le taux de conversion du méthane (Y_m) par défaut de 6,5 % du GIEC a été utilisé pour calculer les coefficients d'émissions de bovins ne se trouvant pas dans un parc d'engraissement et la valeur de 3 % a été utilisée pour les animaux se trouvant dans un parc d'engraissement.

Le facteur Y_m pour les vaches laitières est dérivé directement des données sur la production et des équations de prévision du CH_4 empirique établies à partir de recherches nord-américaines. En bref, la matrice de la taille de l'exploitation agricole en fonction de la productivité utilisée pour dériver la digestibilité des rations a également été utilisée pour fournir des caractéristiques nutritives détaillées comme la fibre soluble dans un détergent neutre, la teneur en matière grasse et la teneur en glucides ne provenant pas de fibres. Ces caractéristiques des aliments, des troupeaux et de la production divisée selon la taille de l'exploitation agricole et la classe de productivité ont été insérées dans 12 équations de prévision du méthane compilées à partir de trois publications scientifiques (Ellis et al., 2007; Ellis et al., 2010; Appuhamy et al., 2016). L'EB de chaque classe de production et de taille d'exploitation agricole a été calculée selon Équation A3.4–2 en fonction des caractéristiques propres au troupeau. Enfin, les taux de conversion du méthane (Y_m) ont été rétrocalculés à l'aide des émissions de méthane prévues et de la consommation d'EB calculée.

Un Y_m moyen par classe de productivité et taille d'exploitation agricole a été calculé en fonction des résultats de 12 équations prédictives. Cette valeur a par la suite été pondérée pour chaque province en fonction de la ventilation proportionnelle de la population d'animaux dans la classe de productivité et de taille d'exploitation agricole de la même façon qui a été utilisée pour dériver la valeur de digestibilité de chaque province. Le Y_m dérivé variait de 5,9 % pour les classes de productivité les plus faibles à 5,4 % pour la classe de productivité la plus élevée. Les valeurs de Y_m pondérées des provinces variaient de 5,5 % à 5,7 %.

La MSI est basée sur l'approche de production bovine et calculée à l'échelle provinciale en fonction des tendances régionales et des étapes saisonnières de la production. La MSI nationale pondérée (Tableau A3.4–10) pour les vaches laitières a augmenté de 28 % depuis 1990 en réponse à l'augmentation de la production laitière par vache (Tableau A3.4–4), tandis que la MSI pour les génisses laitières a diminué de 3 % au cours de cette période en raison de l'augmentation de la digestibilité des aliments résultant des modifications de la composition des rations. Pour les bovins de boucherie, la MSI est déterminée par l'évolution du poids des carcasses (Figure A3.4–2).

Équation A3.4–4

$$CE_{(FE)T} = \sum_{T} \left[\frac{EB_P \times Y_{mP} \times 365}{55,65} \times TP_P \right]$$

$CE_{(FE)T}$ = coefficient d'émission annuel pour la population T, kg animal^{-1} an^{-1}
EB_P = énergie brute pour une étape de production donnée P, MJ jour^{-1}
Y_{mP} = taux de conversion du méthane, ou taux auquel la fraction d'énergie brute est convertie en méthane par un animal de la population ciblée T, m^3 kg^{-1}
$55,65$ = contenu énergétique du méthane, MJ kg^{-1} CH_4
TP_P = période dans une étape de production P, jours an^{-1}

Tableau A3.4–10 **Matière sèche ingérée par sous-catégorie de bovins, certaines années, de 1990 à 2024, estimée en fonction de l'apport énergétique brut**

Année	MSI (kg MS animal^{-1} jour^{-1})							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[a]	Bouvillons[a]	Veaux
1990	17	10	14	13	10	10	9	6
2005	18	10	15	15	11	11	10	7
2018	20	10	16	15	12	12	11	7
2019	21	10	16	15	12	12	11	7
2020	21	10	16	15	12	12	11	7
2021	21	10	16	15	12	12	11	7
2022	21	10	16	15	12	12	11	7
2023	21	10	16	15	12	12	11	7
2024	21	10	16	16	12	12	11	7

Note :
a. Valeurs exprimées en kg animal^{-1} jour^{-1}; toutefois, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

Tableau A3.4–11 **Coefficients d'émission de CH_4 pour la fermentation entérique des bovins, certaines années, de 1990 à 2024**

Année	$CE_{(FE)T}$ (kg CH_4 animal^{-1} an^{-1})[a]							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[b]	Bouvillons[b]	Veaux
1990	115,4	79,4	108,0	105,9	82,5	44,7	41,4	43,8
2005	125,0	77,2	119,9	114,4	87,0	52,8	46,0	43,6
2018	139,6	76,7	125,5	120,6	91,4	54,0	48,7	43,9
2019	142,1	76,7	124,2	120,4	91,2	54,2	49,3	43,8
2020	142,9	76,7	124,2	120,5	91,3	54,2	49,6	43,9
2021	145,3	76,7	127,6	120,0	90,9	54,2	49,7	43,9
2022	145,8	76,7	123,2	120,7	91,4	54,6	49,9	43,9
2023	145,6	76,7	124,6	121,5	91,8	54,4	49,6	44,0
2024	147,4	76,7	126,6	124,7	93,9	57,1	50,1	44,0

Notes :
a. Les coefficients d'émissions entériques sont dérivés de Boadi et al. (2004b), et modifiés afin de prendre en compte les tendances de la production laitière des vaches laitières et des poids de carcasses pour plusieurs catégories de bovins de boucherie.
b. Valeurs exprimées en kg animal^{-1} an^{-1}; par contre, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

A3.4.2.2. Vérification du choix de paramètres compte tenu de travaux de recherche canadiens

En 2011, un processus d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) de Niveau 2 sur la catégorie de la Fermentation entérique a été mené (MacDonald et Liang, 2011). Dans le cadre de cette analyse, les études canadiennes sur les émissions de méthane issues du processus de fermentation entérique ont été examinées et compilées. Par la suite, les résultats ont été évalués à la lumière de l'application des Lignes directrices 2006 du GIEC.

La recherche de 2011 à des fins d'analyse qui permet de mesurer les processus de fermentation entérique au Canada indique que la moyenne des taux de conversion du méthane mesurés (Y_m) est de 6,6 % (±2,4) de l'EB pour les bovins non laitiers à l'extérieur des parcs d'engraissement, de 3,2 % (±1,9) de l'EB pour les types de bovins non laitiers dans les parcs d'engraissement et de 5,7 % (±0,9) pour les bovins laitiers (McCaughey et al., 1997 et 1999; Boadi et Wittenberg, 2002; Boadi et al., 2002 et 2004b; McGinn et al., 2004, 2008 et 2009; Beauchemin et McGinn, 2005 et 2006; Chaves et al., 2006; Kebreab et al., 2006; Ominski et al., 2006; Odongo et al., 2007; Eugène et al., 2008; Van Haarlem et al., 2008; Beauchemin et al., 2009; Ellis et al., 2010; Javasundara et al., 2016). Dans le cas de la catégorie des Bovins non laitiers, ces valeurs sont conformes en général aux valeurs publiées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. Selon une étude réalisée par Escobar Bahamondes et al. (2017), il est possible de distinguer davantage les facteurs Y_m par sous-catégorie de production, ce qui aiderait à améliorer l'exactitude des estimations d'émission. Au cours de la même compilation d'études, il a été observé que le coefficient d'émission pour les bovins non laitiers est de 57 kg (±22) de CH_4 animal^{-1} année^{-1}, à l'extérieur des parcs d'engraissement, et de 56 kg (±24) de CH_4 animal^{-1} année^{-1}, dans les parcs d'engraissement, et que la moyenne des coefficients d'émission mesurés pour la catégorie des Bovins laitiers est de 130 kg (±34) de CH_4 animal^{-1} année^{-1}.

Il faut toutefois être prudent lors de l'interprétation de ces valeurs, car cet ensemble de données ne comprend pas les animaux dans des conditions de froid et parce que la majorité des études portent principalement sur les génisses et les bouvillons d'un an et la moyenne ne tient pas compte de l'importance relative des différentes sous-catégories de bovins en ce qui concerne le coefficient d'émission moyen. Néanmoins, les valeurs de coefficient d'émission sont, de façon générale, conformes aux coefficients d'émission utilisés au Canada pour la catégorie des Bovins non laitiers (soit de 60 à 70 kg CH_4 animal^{-1} année^{-1}), et la catégorie des Bovins laitiers (soit de 115 à 146 kg CH_4 animal^{-1} année^{-1}). Une publication de Jayasundara et al. (2016) compilait les données tirées de 11 études et a permis de constater que les facteurs Y_m pour les bovins laitiers au Canada étaient en moyenne de 5,7 % (±0,9). Dans l'approche actuellement utilisée pour les bovins au Canada, Y_m pour les vaches laitières varient au fil du temps et par province, étant en moyenne de 5,5 % à 5,7 % d'EB, tandis qu'un Y_m fixe de 6,5 % est utilisé pour les vaches laitières taries et les génisses laitières.

Compte tenu des connaissances actuelles, l'examen des études canadiennes n'a permis d'identifier aucun biais évident. Il semble qu'un biais introduit par l'utilisation de valeurs Y_m tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC est compensé par l'estimation d'EB pour des sous-catégories d'animaux précises.

Des chercheurs canadiens ont participé à des travaux poussés d'examen et de validation de la méthode de fermentation entérique de Niveau 2 du GIEC, comparant les émissions mesurées et celles observées, compte tenu des données canadiennes. En général, l'analyse du modèle indique que la méthode de Niveau 2 du GIEC tend à sous-estimer les émissions d'animaux produisant des émissions élevées et à surestimer celles d'animaux produisant des émissions faibles (Ellis et al., 2007, 2009 et 2010).

Les améliorations à la méthodologie utilisée pour les bovins laitiers qui ont été mise en œuvre pour la première fois dans le Rapport d'inventaire national (RIN) de 2018, en particulier en utilisant le Y_m dérivé directement des rapports empiriques tirés des études nord-américaines, certifient que les taux d'émissions sont cohérents avec les mesures récentes des émissions de CH_4, ce qui améliore grandement l'exactitude des estimations d'émission. Des approches similaires permettraient d'améliorer considérablement les estimations découlant de la catégorie des Bovins non laitiers; mais, les données sont toujours en cours de compilation afin de réaliser ces études. En général, il serait difficile d'améliorer les estimations canadiennes par la mise à jour de paramètres uniques. Pour améliorer l'approche actuelle, il faudrait avoir recours à une approche exhaustive qui établit de manière efficace des liens entre les caractéristiques de la production animale régionale et la productivité animale, comme il a été fait dans la catégorie des Bovins laitiers.

A3.4.2.3. Coefficients d'émission de CH_4 pour la fermentation entérique des animaux autres que les bovins

Pour les catégories d'animaux autres que les bovins, les émissions ont été calculées à l'aide des coefficients d'émission de Niveau 1 du GIEC (voir Annexe 6). Lorsque les coefficients d'émission par défaut ne sont pas disponibles pour les catégories mineures de bétail, des variables substitutives logiques sont utilisées pour estimer les émissions. Les coefficients d'émission propres aux porcs sont utilisés pour les sangliers, tandis que les coefficients d'émission propres aux moutons sont utilisés pour les lamas et les alpagas. Ces variables substitutives sont fondées sur les similitudes des espèces ainsi que sur les similitudes des pratiques d'élevage. Les émissions provenant des lamas et des alpagas sont combinées, car celles des populations distinctes ne sont pas disponibles et il n'y a aucun rapport de ces animaux dans les statistiques canadiennes.

A3.4.2.4. Incertitude

Une analyse d'incertitude basée sur une étude de Karimi-Zindashty et al. (2012) a été menée pour toutes les méthodes ayant servi à calculer les émissions de méthane provenant des animaux d'élevage pour l'année 2010. Les plages d'incertitude (en pourcentage) des moyennes ont été exécutées de nouveau pour la présentation du RIN de 2014 et n'ont pas été exécutées de nouveau depuis. Dans le cadre de l'analyse, une représentation stochastique de l'approche de quantification des émissions de CH_4 provenant des animaux d'élevage a été constituée dans Mathematica©, et une simulation de Monte-Carlo a été réalisée selon la méthode proposée dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Cette analyse s'est appuyée sur l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012); cependant, le modèle stochastique d'Environnement Canada (MSEC) conçu dans Mathematica© 1) appliquait exactement les mêmes paramètres et équations que ceux utilisés dans la méthodologie de l'inventaire canadien, selon les recommandations du GIEC (2000); 2) tenait également compte de l'incertitude associée aux populations et à la durée des étapes de production ayant une incidence sur les coefficients d'émission des sous-catégories (Tableau A3.4–12); et 3) utilisait la distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers avec des estimations améliorées des distributions de probabilité (Tableau A3.4–12). Le MSEC a été exécuté pour les années 1990, 2005, 2010 et 2012. Une analyse de la tendance a été réalisée pour déterminer l'incertitude liée à l'estimation des différences des émissions de 1990 à 2012. Les incertitudes relatives tirées de l'analyse précédente ont été appliquées aux valeurs de l'année en cours. Toutefois, une analyse d'incertitude de la méthode révisée relative aux bovins laitiers n'a pas encore été réalisée et les estimations d'incertitude déclarées sont fondées sur la méthode de Boadi et al. (2004a).

Actuellement, les données requises pour générer des distributions de probabilité des coefficients utilisés dans la méthode agricole de Niveau 2 du GIEC n'existent tout simplement pas. Certains des coefficients par défaut des équations de Niveau 2 sont assortis d'une plage d'incertitude, qui est souvent estimée par des experts; d'autres coefficients sont assortis de plages tirées de quelques études, reposant souvent sur des méthodes qui ne sont pas aisément comparables. En général, l'analyse de Rypdal et Winiwarter (2001) s'applique à l'ensemble de l'approche d'estimation des émissions agricoles, et il est possible de comprendre que d'importantes distributions de probabilité sont associées aux coefficients par défaut de Niveau 2 en raison du manque de mesures appropriées entraînant des généralisations, des incertitudes concernant les mesures ainsi que de la mauvaise compréhension des processus relatifs aux émissions. Cette analyse initiale des incertitudes est fondée sur un principe de précaution : dans le cas des coefficients pour lesquels on possédait très peu d'information, les limites d'incertitude ont été établies avec prudence.

Les incertitudes concernant les populations des catégories clés d'animaux, c'est-à-dire bovins, porcs et moutons, ont été fournies directement par Statistique Canada, et sont tirées des statistiques d'enquêtes semestrielles et trimestrielles. Pour les petites provinces où peu d'animaux sont comptés dans certaines catégories, la variance de l'échantillon est importante, comme l'indiquent les valeurs d'incertitude supérieures à ±50 %. Cependant, comme les données ont été recueillies selon un plan d'échantillonnage proportionnel aux distributions des populations, l'incertitude globale liée aux catégories clés d'animaux était faible à l'échelle nationale. Les populations pour le type bovin non laitier à l'échelle nationale sont celles qui présentent l'incertitude la plus faible (±1,8 % de la moyenne), tandis que l'incertitude est légèrement plus élevée pour les populations de porcs (±2,6 % de la moyenne), de bovins laitiers (±5,4 % de la moyenne) et de moutons (±6,0 % de la moyenne).

Toutes les estimations concernant les populations des autres catégories d'animaux sont renouvelées uniquement à l'aide du Recensement de l'agriculture (RDA). Une procédure a été élaborée pour tenir compte de l'estimation de l'augmentation de l'incertitude en fonction du temps écoulé depuis le recensement. Une analyse de régression linéaire a été effectuée pour les estimations de populations des années de recensement pour les années 1991, 1996, 2001, 2006 et 2011. Les incertitudes associées aux populations pour 2012 ont été estimées en fonction de l'incertitude liée au RDA à l'échelle provinciale, plus l'intervalle de confiance de 95 % associé à la régression linéaire, multipliées par le nombre d'années écoulées (une) depuis le dernier recensement. En raison du récent RDA, les incertitudes liées aux populations des autres animaux dans l'analyse de 2012 avaient tendance à être plus faibles que celles associées aux années 2010 et 2011, comme pour les animaux dont les estimations des populations ont été tirées d'enquêtes semestrielles et trimestrielles, mais cela a eu peu d'incidence sur l'incertitude totale. Les incertitudes liées aux populations d'autres catégories d'animaux à l'échelle nationale ont varié de ±2 % de la moyenne pour les volailles à ±4 % de la moyenne pour les bisons; la contribution de ces catégories d'animaux aux émissions totales est toutefois faible.

Les paramètres utilisés aux fins du calcul de Niveau 2 des coefficients d'émission pour les bovins peuvent être divisés en deux catégories : 1) les paramètres associés aux méthodes d'élevage et au rendement (section A3.4.2 pour obtenir une description détaillée des paramètres); 2) les paramètres propres aux équations de Niveau 2 du GIEC (section A3.4.2). Dans l'ensemble, l'incertitude attribuée aux paramètres associés aux méthodes d'élevage et au rendement est relativement faible, car les estimations sont établies à l'échelle provinciale selon l'opinion d'experts et sont des valeurs généralement reconnues au sein de l'industrie. La principale source d'incertitude liée aux méthodes d'élevage est la durée de séjour et le pourcentage des populations d'animaux à chaque étape de production. Cette source d'incertitude est associée au nombre d'animaux gardés en semi-finition et à la durée de la période de semi-finition. Ces paramètres sont hautement tributaires des prix et des marchés d'importation et d'exportation; le degré de confiance accordé aux valeurs qui sont utilisées actuellement est donc faible. Un degré d'incertitude élevé (30 %) a été attribué au nombre d'animaux gardés en semi-finition, et une distribution triangulaire non symétrique a été appliquée par mesure de précaution à la durée de la période de semi-finition, compte tenu de la variabilité potentielle élevée associée à ces pratiques de production. L'incertitude liée au pourcentage des populations d'animaux à chaque étape de production et à la durée des étapes de production n'a pas été directement prise en compte dans l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012).

Les incertitudes quant aux paramètres des équations de Niveau 2 du GIEC ont été directement tirées, pour la plupart, de l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012), qui ont utilisé les distributions de probabilité de l'étude de Monni et al. (2007) ou celles des Lignes directrices 2006 du GIEC. Deux différences importantes sont à noter : 1) une fois l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012) terminée les distributions de probabilité de l'énergie digestible d'après les données fournies par Lactanet ont pu être obtenues, ce qui a permis de calculer les distributions typiques de différents types d'aliments; 2) Karimi-Zindashty et al. (2012) ont utilisé la méthode de 2006 du GIEC et n'ont donc pas tenu compte des effets de la perte de poids sur l'EB. Une distribution uniforme dans le cadre de l'analyse MSEC a donc été utilisée afin de tenir compte de l'incidence de l'intégration d'une estimation de l'énergie nette mobilisée par la perte de poids pendant la lactation (ENmob), variant en fonction de la durée de la perte de poids entre 0 % et 20 % de la période de lactation. Comme ce paramètre a été retiré des Lignes directrices 2006 du GIEC, cette méthode fournissait un moyen efficace d'en évaluer l'incidence globale.

Une analyse des tendances a été effectuée en utilisant la méthode MSEC, au cours de laquelle l'incertitude liée à l'évolution des émissions dans le temps a été calculée. Pour la tendance à long terme, les émissions pour 1990 et 2012 ont été calculées simultanément, et dans les estimations, seules les variations indépendantes des paramètres dépendants du temps ont été autorisées. Ces paramètres sont les éléments de l'approche de calcul qui varient dans le temps et, par conséquent, une estimation est disponible pour une valeur en 1990 ainsi qu'en 2012 (indiquée par un « 7 » en indice supérieur au Tableau A3.4–12). Il est considéré que les paramètres en 1990 et en 2012 sont complètement indépendants; il s'ensuit que, pour chaque calcul de la simulation de Monte-Carlo, une valeur a été sélectionnée de manière indépendante dans la distribution de probabilité pour 1990 et pour 2012. En revanche, d'autres paramètres utilisaient une valeur sélectionnée une seule fois dans leur distribution de probabilité pour le calcul des émissions en 1990 et en 2012. Les paramètres qui pouvaient varier de manière indépendante dans l'analyse relative au processus de fermentation entérique étaient les populations animales, la production laitière et la teneur en matières grasses chez les bovins laitiers, et le poids des bovins de boucherie. Les valeurs d'incertitude relative de l'analyse des tendances ont été appliquées aux résultats de 2013.

Les résultats sommaires de l'analyse des incertitudes liées aux émissions dues au processus de fermentation entérique sont présentés à la section 5.2.3 du Chapitre 5. En bref, la plage fixe utilisée pour le calcul des plages d'incertitude liées aux émissions imputables à la fermentation entérique est de 39 % (-17 % à +22 % de la moyenne) (voir le Chapitre 5). L'incertitude la plus importante liée à l'estimation est associée aux coefficients d'émission de Niveau 2 établis pour les bovins, la plage d'incertitude étant de -19 % à +22 % de la moyenne pour la catégorie des Bovins non laitiers et de -16 % à +21 % de la moyenne pour la catégorie des Bovins laitiers. Dans le cas des autres animaux pour lesquels les coefficients d'émission par défaut de la méthode de Niveau 1 du GIEC (2006) ont été utilisés, des plages d'incertitude de ±50 % ont été attribuées, sauf dans le cas des porcs, dont la plage a été établie à ±37 %, selon les travaux de Monni et al. (2007). Par rapport aux bovins, l'utilisation des coefficients de Niveau 1 pour les autres animaux a eu peu d'effets sur l'incertitude globale, étant donné la faible contribution des autres catégories d'animaux aux émissions totales dues à la fermentation entérique. Les émissions moyennes pour les catégories des Bovins laitiers et des Bovins non laitiers estimées à l'aide du

modèle stochastique sont légèrement plus élevées que les émissions calculées dans la base de données de l'inventaire (environ 2 %). Cette différence est vraisemblablement due à l'introduction de la distribution triangulaire non symétrique qui a entraîné une augmentation de la durée de la semi-finition pour les génisses et les bouvillons destinés à l'abattage, de même qu'à la distribution uniforme du coefficient qui définit l'énergie libérée par la perte de poids pendant la lactation chez les bovins laitiers.

L'incertitude globale pour chaque estimation de chaque année prise individuellement change peu avec le temps. La plage d'incertitude pour les émissions de 1990 et de 2012 tourne autour de 39 % à 40 %. D'après l'analyse des tendances, à long terme, les émissions de CH_4 ont augmenté entre 1990, l'année de référence, et 2012, passant de 9 % à 19 %, la valeur la plus probable (VPP) étant de 15 % (incertitude des tendances de 10 %). La majeure partie de la hausse des émissions est associée à la catégorie Fermentation entérique, qui est passée de 11 % à 22 %, avec une VPP de 16 %. Pour estimer l'incertitude des tendances figurant au Chapitre 5, les incertitudes relatives des tendances de l'analyse précédente ont été appliquées à la variation moyenne des émissions de l'année en cours. De façon générale, cette analyse d'incertitude était conforme à d'autres estimations des incertitudes effectuées dans le domaine agricole. L'étude publiée par Monni et al. (2007) est un exemple d'une analyse expliquant en détail l'incertitude liée aux émissions agricoles de CH_4 estimées selon la méthode de Niveau 2 du GIEC. L'utilisation de distributions de probabilité comparables pour les paramètres par défaut de Niveau 2 du GIEC assure la comparabilité des deux méthodes d'estimation des émissions nationales qui sont employées. Monni et al. (2007) ont établi que l'incertitude à l'échelle nationale liée aux émissions imputables à la fermentation entérique pour différentes sous-catégories de bovins dans le secteur agricole finlandais variait entre -22 % à +29 % de la moyenne et -29 % à +39 % de la moyenne. Rypdal et Winiwarter (2001) ont établi l'incertitude pour certains pays européens, notant qu'elle variait de ±20 % de la moyenne au Royaume-Uni à ±50 % de la moyenne en Autriche. Ils ont toutefois utilisé principalement les méthodes d'estimation de Niveau 1. Des publications comparables concernant l'analyse de l'incertitude des tendances dans le domaine de l'agriculture n'ont pas pu être trouvées.

Les résultats de cette analyse d'incertitude ont été, bien entendu, très similaires à ceux produits par Karimi-Zindashty et al. (2012). Ces derniers ont également observé une plage globale d'incertitude liée aux émissions imputables à la fermentation entérique de 39 %, ce qui indique que l'incertitude pour la durée des étapes de production et le pourcentage des populations d'animaux à chaque étape de production a eu peu d'effets sur l'incertitude globale. L'intégration de l'incertitude associée à la perte de poids pendant la lactation n'a pas fait augmenter l'incertitude globale, mais a eu tendance à désaxer la distribution de l'incertitude liée aux estimations de la catégorie des Bovins laitiers et à produire des estimations d'émission plus élevées. Selon l'analyse de sensibilité réalisée par Karimi-Zindashty et al. (2012), les facteurs les plus importants de l'incertitude liée aux estimations d'émission sont liés aux paramètres par défaut de Niveau 2 du GIEC, et plus particulièrement au taux de conversion du méthane (Y_m) et au coefficient associé à l'énergie nette nécessaire à la survie (Cf_i), appliqué à l'échelle nationale. L'incertitude liée à la méthode de Niveau 2 peut être réduite grâce à l'élaboration de paramètres propres au pays à l'échelle régionale pour différentes catégories d'animaux. Il est supposé que les récentes révisions apportées à la méthodologie relative aux bovins laitiers auront réduit l'incertitude globale des estimations des émissions par la fermentation entérique; cependant, des analyses plus poussées sont nécessaires pour quantifier les répercussions des améliorations aux estimations de l'incertitude.

A3.4.3. Émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers

L'analyse de Niveau 2 du GIEC sert à estimer les coefficients d'émission de CH_4 provenant des systèmes de gestion des fumiers (GIEC, 2006), également appelés systèmes de gestion de déchets animaux (SGDA). L'Équation A3.4–5 sert à calculer les émissions de CH_4 de la gestion des fumiers de toutes les catégories de bétail au Canada, sauf les chevreuils et élans, les lapins, les mules et les ânes et les animaux à fourrure, qui ont été calculés à l'aide des coefficients d'émissions de Niveau 1 du GIEC. Les coefficients d'émission pour les sangliers ont été calculés selon les paramètres moyens de Niveau 2 pour les porcs, en postulant toutefois 100 % de fumier solide. Les sources de données sur la population animale sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour la déclaration des estimations de la Fermentation entérique. Elles sont présentées au Tableau A3.4–1.

Lorsque les coefficients d'émission par défaut ne sont pas disponibles ou qu'il n'y a pas de sources de renseignements propres à un pays pour les catégories mineures de bétail, des variables substitutives logiques sont utilisées pour estimer les émissions. Ces variables substitutives sont fondées sur les similitudes entre les espèces et entre les pratiques d'élevage. Lorsque des variables substitutives sont utilisées au niveau provincial, il se peut que les valeurs nationales pondérées ne correspondent pas, pour les catégories d'animaux originales et les catégories substitutives, en raison des différences entre les populations provinciales utilisées pour la pondération.

Les valeurs substitutives suivantes, combinées au jugement d'experts, sont utilisées pour les catégories d'animaux mineures :

- Les paramètres du système de gestion des fumiers de la catégorie des Bovins non laitiers sont utilisés pour représenter les bisons, y compris le potentiel de production maximale de CH_4 (B_0) et la distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers (SGF).
- Les distributions provinciales des SGF pour les chevaux sont utilisées pour représenter les mules et ânes.
- Les distributions provinciales des SGF pour la catégorie des Bovins non laitiers sont utilisées pour la déclaration des émissions des chevreuils et élans, sauf dans le cas des systèmes liquides, qui sont attribués à la catégorie des pâturages, des grands parcours et des enclos sur la base du jugement d'expert selon lequel il est improbable que le fumier des chevreuils et des élans soit traité par des systèmes de gestion des fumiers liquides.
- Les valeurs des solides volatils (SV) pour la catégorie des Porcs sont utilisées pour représenter les sangliers, au niveau provincial. Cette relation de substitution ne comprend cependant pas la désagrégation des sous-catégories de Porcs et l'utilisation de la masse animale pour mettre à l'échelle les SV (section A3.4.3.6). Enfin, tout le fumier des sangliers est alloué aux SGF solides sur la base d'un jugement d'expert.
- Les paramètres des systèmes de gestion des fumiers des moutons sont utilisés pour représenter les lamas et alpagas, y compris pour les SV et les distributions provinciales des SGF.

Les émissions totales des catégories d'animaux mineures, Mules et ânes, Élans et chevreuils, Lamas et alpagas, Visons, Renards, Lapins et Sangliers représentent moins de 100 kt d'équivalent CO_2 en 2024 (< 0,2 % du total des émissions agricoles), ce qui comprend les émissions directes et indirectes et les émissions résultant de l'épandage de fumier sur les sols agricoles. Changer les valeurs substitutives n'aurait aucun impact significatif sur les estimations des émissions du secteur agricole et, vu l'impact insignifiant de ces catégories d'animaux sur les émissions agricoles, toute amélioration à ces catégories a la priorité la plus basse dans l'inventaire agricole.

Équation A3.4–5

$$CH_{4MM} = \sum_{T} \left(N_T \times CE_{(MM)T} \right)$$

CH_{4MM} = émissions pour toutes les catégories animales, kg CH_4 année^{-1}

N_T = population animale pour la T^e catégorie ou sous-catégorie animale par province

$CE_{(MM)T}$ = coefficient d'émission pour la T^e catégorie ou sous-catégorie animale, calculé à l'aide de l'Équation A3.4–6, kg CH_4 animal^{-1} année^{-1}

Les coefficients d'émission de CH_4 de Niveau 2 représentant les systèmes de gestion des fumiers résultent des données d'entrée propres au pays et considèrent les conditions climatiques, les rations du bétail et le type de système d'entreposage de fumier inclus dans l'Équation A3.4–6. L'équation suivante sert à produire une estimation de Niveau 2 du GIEC des coefficients d'émission de CH_4 liés aux systèmes de gestion des fumiers :

Équation A3.4–6

$$CE_{(MM)T} = SV_T \times 365 \times B_{0T} \times 0{,}67 \times \sum_{ij} FCM_{ij} \times SGF_{Tij}$$

$CE_{(MM)T}$ = coefficient d'émission annuel pour la population T, kg CH_4 animal^{-1} année^{-1}

SV_T = solides volatils excrétés quotidiennement par un animal de la population T, kg jour^{-1}

B_{0T} = potentiel maximal de production de CH_4 pour le fumier produit par un animal de la population T, m^3 kg^{-1} solides volatils (SV)

FCM_{ij} = facteur de conversion du CH_4 (FCM) pour chaque système de gestion des fumiers i par région climatique j

SGF_{Tij} = facteur de distribution du système, défini comme la fraction des fumiers de la catégorie animale T qui est traitée à l'aide du système de gestion des fumiers i dans la région climatique j, souvent appelé système de gestion de déchets animaux (SGDA) dans les documents du GIEC

$0{,}67$ = facteur de conversion de m^3 de CH_4 en kg de CH_4

Tableau A3.4–12 **Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique**

Catégorie de paramètre	Paramètre	Source du coefficient/paramètre	Type de distribution	Plage d'incertitude[a]	Distribution de l'incertitude Source et notes	Catégorie spatiale/animale
DONNÉES SUR LES POPULATIONS[b]						
Enquêtes semestrielles sur les bovins						
	Bovins laitiers	Statistique Canada (Tableau 003-0032)	Distribution normale	±6 % – ±42 %	Karimi-Zindashty et al. (2012), de Statistique Canada, communication personnelle[c]	Provincial/sous-catégorie
	Bovins non laitiers			±5 % – ±73 %		
Autres populations établies selon les enquêtes						
	Porcs	Statistique Canada (Tableaux 003-0004 et 003-0031)		±8 % – ±89 %		
	Moutons			±14 % – ±80 %		
Recensement de l'agriculture						
	Chèvres	*Recensement de l'agriculture* (Statistique Canada, 2012a)		±9 % – ±21 %	Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	
	Volaille			±5 % – ±12 %		
	Bisons			±18 % – ±85 %		
	Lamas et alpagas			±16 % – ±42 %		
	Chevaux			±5 % – ±16 %		
PARAMÈTRES DE PRODUCTION BOVINE ET RENDEMENT DE LA PRODUCTION						
	Production laitière[b]	Valacta/Canwest DHI	Distribution normale	±8 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
	Teneur en matières grasses[b]	Valacta/Canwest DHI				
	Efficacité du troupeau laitier[b]	Valacta/Canwest DHI				
	Coefficient de gestation	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	
	Gain quotidien moyen	Boadi et al. (2004b)				
	Période de gestation	Boadi et al. (2004b)				
	Durée des étapes de production	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale, à l'exception des animaux destinés à l'abattage – distribution triangulaire, non symétrique	±5 %, Animaux destinés à l'abattage : VPP[f] de Boadi et al. (2004b) LI : 12 % de VPP LS : 25 % de VPP	Opinion d'experts, Boadi et al. (2004b) – pour les génisses et les bouvillons d'engraissement, une distribution triangulaire a été supposée, selon l'interprétation des effets potentiels sur le marché (Canfax Research Services, 2009)	Provincial/sous-catégorie d'étape de production, corrélation interne[g]
	Pourcentage des populations à chaque étape de production	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5 % – ±30 %		
Estimations des poids des bovins[b]						
	Poids vif, 2001	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie d'étape de production
	Poids à l'âge adulte, 2001	Boadi et al. (2004b)				
	Poids des carcasses	ACCB[d] et données publiées par AAC[e] (1990–2010)				National/sous-catégorie
COEFFICIENTS D'ÉMISSION POUR LES BOVINS (ÉQUATIONS DE NIVEAU 2 DU GIEC)						
	Taux de conversion du méthane (Y_m)		Distribution normale	Animaux au parc d'engraissement : ±30 % Autres animaux : ±15 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)	National/parc d'engraissement ou non
Calcul de l'énergie brute pour les bovins – Équation A3.4–2 de niveau 2 du GIEC						
	Énergie digestible (ED)	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	Pâturage ±9 % Confinement ±9 % Semi-finition ±7,5 % Aliments préparés ±5,5 %	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services	Provincial/sous-catégorie d'étape de production
Énergie nette pour les bovins – équations 4.1 à 4.10 de Niveau 2, Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (2000)						
	Coefficient d'activité (Ca)	GIEC (2000)	Distribution normale	±30 %	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/bovins
	Coefficient de sexe (C)		Distribution normale	±30 %		
	Coefficient de survie (entretien) (Cf_i)			±30 %		
	Coefficient de lactation			±30 %		
	Taux de perte de poids		Distribution normale	5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
	Durée de la perte de poids		Distribution uniforme	LI : 0 LS : 20 % de la période de lactation	Interprétation des différences entre les Lignes directrices de 2000 et de 2006 du GIEC	
Coefficients d'émission pour les catégories d'animaux autres que les bovins						
	Porcs	GIEC (2000)	Distribution normale	±37 %	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/catégorie
	Autres animaux			±50 %		

Notes :
a. Lorsque des différences en matière d'incertitude existent entre les provinces ou les catégories d'animaux, les incertitudes maximale et minimale sont indiquées.
b. Valeurs qui ont pu varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances.
c. Communication personnelle. R. Plourde, Statistique Canada, Section du bétail et des aliments, Ottawa (Ontario), 4 avril 2010.
d. Agence canadienne de classement du bœuf.
e. Agriculture et Agroalimentaire Canada.
f. VPP = valeur la plus probable; LI = limite inférieure; LS = limite supérieure
g. La corrélation interne indique des valeurs exprimées en proportion d'un tout, c'est-à-dire en proportion d'un total équivalant à 100 %.

Les sections suivantes portent sur les sources de valeurs d'entrée pour SV, DA %, la teneur en cendre des fumiers (CENDRE), B_0, FCM et SGF.

A3.4.3.1. Solides volatils (SV)

Bovins, SV

Les SV représentent la portion organique des solides totaux du fumier. Les SV de fumier ont été estimés selon la DA % de l'apport alimentaire, la teneur en cendre du fumier et l'EB consommée par un animal d'une sous-catégorie donnée, et la fraction de l'énergie urinaire (EU) dans la consommation d'EB, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Pour les sous-catégories de bovins, l'EB varie selon de l'approche basée sur le modèle de production de bovins défini pour l'estimation des émissions imputables à la fermentation entérique (Boadi et al., 2004a), comme le montre Équation A3.4–3. Les SV pour chaque sous-catégorie de bovins à l'échelle provinciale ont été estimés en tenant compte des étapes de production régionale et saisonnière (Équation A3.4–7). L'augmentation de la production de lait chez les vaches laitières et du poids des carcasses chez les bovins de boucherie a eu pour effet d'accroître les SV avec une augmentation de la matière sèche ingérée et, par le fait même, les émissions de CH_4 au cours de la série chronologique; cependant, une augmentation de la DA % dans l'alimentation des bovins laitiers a modéré cet effet chez les vaches laitières.

Équation A3.4–7

$$SV = \left[EB \times \left(1 - \frac{DA\,\%}{100}\right) + (EU \times EB)\right] \times \left(\frac{1 - CENDRE}{18.45}\right)$$

SV	=	excrétion de solides volatils, kg animal^{-1} année^{-1}
EB	=	énergie brute consommée par un animal donné, MJ animal^{-1} année^{-1}
$DA\,\%$	=	digestibilité de l'alimentation, %
EU	=	énergie urinaire, sans unité
$CENDRE$	=	teneur en cendres du fumier, %
$18{,}45$	=	constante de conversion de l'énergie (MJ) en masse (kg^{-1})

Porcs, SV

Les solides volatils déclarés pour la catégorie des Porcs (Tableau A3.4–14) ont été estimés tout d'abord par le calcul de l'excrétion de SV à l'échelle de la province en fonction des valeurs fournies par Marinier et al. (2004), au moyen de la méthode de Niveau 2 du GIEC (2006), en tenant compte de la variabilité des valeurs de MSI, de DA % et de CENDRE obtenues à partir de sondages effectués auprès d'experts. La masse animale type a servi à convertir les SV fixés dans le temps en unités de SV par 1000 kg de poids corporel (kg de SV 1000 kg de masse animale^{-1} jour^{-1}), ce qui a par la suite été appliqué à l'ensemble de la série chronologique de la masse animale.

Tous les autres animaux, SV

Les solides volatils pour les catégories animales autres que les Bovins laitiers, les Bovins non laitiers et les Porcs ont été calculés en fonction de valeurs fournies par Marinier et al. (2004) au moyen de la méthode de Niveau 2 du GIEC (2006), et considérant la variabilité des valeurs de MSI, DA % et de CENDRE calculées à partir de sondages effectués auprès d'experts. Ces valeurs (MSI, DA %, CENDRE) ont servi à calculer les SV par province pour les catégories d'animaux d'élevage autres que des bovins (Équation A3.4–8). L'intervalle de confiance a été établi au moyen d'une simulation de Monte-Carlo effectuée à l'aide de Crystal Ball® (Decisioneering, 2000), ce qui a permis d'obtenir une distribution de probabilité fondée sur la variance présente dans les opinions des experts et les études scientifiques (Tableau A3.4–13).

Équation A3.4–8

$$SV = \left[MSI \times 18{,}45 \times \left(1 - \frac{DA\,\%}{100}\right) + (EU \times MSI \times 18{,}45)\right] \times \left(\frac{1 - CENDRE}{18{,}45}\right)$$

SV	=	excrétion de solides volatils, kg animal^{-1} année^{-1}
MSI	=	matière sèche ingérée, kg animal^{-1} année^{-1}
$DA\,\%$	=	digestibilité de l'alimentation, %
EU	=	énergie urinaire, sans unité
$CENDRE$	=	teneur en cendres du fumier, %
$18{,}45$	=	constante de conversion de l'énergie (MJ) en masse (kg)

Tableau A3.4–13 **Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins ou les porcs en 2024 et intervalle de confiance connexe de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne**

Catégorie d'animaux	Valeur moyenne des SV (kg animal^{-1} jour^{-1})	Intervalle de confiance de 95 % (%)
Moutons et agneaux[a]	0,60	31
Chevaux adultes	3,5	16
Chèvres	0,72	41
Bisons	3,1	16
Sangliers[b]	0,24	50
Volaille	0,02	20

Notes :
a. Les mêmes valeurs que pour les moutons ont été attribuées aux lamas et aux alpagas au niveau provincial et elles ont été pondérées selon la population de lamas et d'alpagas de chaque province. La valeur représente l'ensemble des moutons et des agneaux et non une seule catégorie.
b. La valeur pour les sangliers a été calculée en fonction de la valeur pour les porcs.

Tableau A3.4–14 **Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier de porc en 2024**

Catégories d'animaux	SV (kg 1000 kg de masse corporelle^{-1} jour^{-1})	Masse animale typique (kg)	SV (kg jour^{-1})
Truies	1,6	198	0,31
Verrats	1,6	198	0,31
Porcs (< 20 kg)	11,0	8,7	0,10
Porcs (20–60 kg)	5,2	36	0,19
Porcs (> 60 kg)	4,6	92	0,42

Les sections suivantes portent sur les données permettant d'estimer les SV, qui ont été élaborées par Marinier et al. (2004).

Digestibilité de l'alimentation (DA %) et matière sèche ingérée (MSI)

Les sources de renseignements utilisées pour calculer les valeurs de la DA % pour les catégories des Bovins laitiers et non laitiers sont examinées en détail dans la section A3.4.1.1.

D'importantes variations régionales dans la composition des rations ont été relevées pour les moutons, les chevaux et les porcs. Aucune variation régionale n'a été prise en compte pour les chèvres ou la volaille, car ces données n'étaient pas disponibles.

En général, les rations des animaux brouteurs se composent de céréales et de fourrage. La digestibilité du régime alimentaire variera selon la composition, les céréales ayant une plus haute digestibilité que le fourrage. La distribution des régimes alimentaires à base de céréales et de fourrage a été estimée pour les moutons et les chevaux dans chaque province. Une estimation pondérée de la DA % a été obtenue à partir de la DA % approximative des céréales et du fourrage pour chaque type d'animal et de la distribution de la consommation de céréales et de fourrage par province (Tableau A3.4–15). Cependant, cette méthode ne tient pas compte des suppléments alimentaires qui peuvent augmenter ou réduire la digestibilité. Les intervalles de valeurs qui s'appliquent à la MSI pour les catégories d'animaux non bovins ont été déterminés en consultant des spécialistes et en se fondant sur des valeurs publiées (Tableau A3.4–16).

Tableau A3.4–15 Digestibilité de l'alimentation (DA %) approximative pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage, et sources de données

Catégorie d'animaux	DA (%)	Sources
Chèvres	65	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Poules pondeuses	80	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Poulets	80	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Dindes	78	S. Leeson, Université de Guelph
Porcs	87	C.F. deLange, Université de Guelph
Alimentation à base de céréales		
Moutons	74	Weston (2002)
Chevaux	70	L. Warren, Université de l'État du Colorado
Alimentation à base de fourrage		
Moutons	65	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Chevaux	60	L. Warren, Université de l'État du Colorado

Note :
Sources des données : Consultations d'experts (Marinier et al., 2004).

Tableau A3.4–16 Matière sèche ingérée pour certaines catégories d'animaux d'élevage

Catégorie d'animaux	MSI (kg animal^{-1} jour^{-1})	Sources
Moutons et agneaux		
Brebis	1,2–2,8	NRC (1985)
Béliers	2,1–3,0	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Agneaux de remplacement	1,2–1,5	NRC (1985)
Agneaux de marché	1,3–1,6	NRC (1985)
Chevaux		
Chevaux adultes oisifs	7,4–11	NRC (1989); L. Warren, Université de l'État du Colorado
Chevaux adultes actifs	7,4–13,7	NRC (1989); L. Warren, Université de l'État du Colorado
Chevaux sevrés	3,6–6,3	NRC (1989)
Porcs		
Pouponnière (5–20 kg)	0,55–0,72	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
En croissance (20–60 kg)	1,4–2,1	J. Patience, Prairie Swine Centre
Prêts à l'abattage (60–110 kg)	2,1–3,3[a]	M. Nyachoti, Université du Manitoba; C. Pomar, AAC
Truies	2,28	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Verrats	2,0–2,5	M. Nyachoti, Université du Manitoba; NRC (1998)
Chèvres		
Chèvres	1,2–2,8	NRC (1981)
Boucs	1,4–2,3	CRAAQ (1999)
Chevreaux	1,4	CRAAQ (1999)
Volaille		
Poules pondeuses	0,072–0,11	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Poulets à griller	0,085–0,088	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Dindes	0,023–0,53	Hybrid (2001)

Notes :
Sources des données : Consultations d'experts (Marinier et al., 2004)
a. Évalué à 3,5 % de la masse corporelle.

Teneur en cendres des fumiers (CENDRE)

La teneur en cendres des fumiers est la portion inorganique de ceux-ci. Le Tableau A3.4–17 comprend les valeurs utilisées dans le présent inventaire pour la teneur en cendres dans le calcul des solides volatils ainsi que leurs sources.

Tableau A3.4–17 **Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage, et sources de données**

Catégories d'animaux	CENDRE (%)	Sources
Bovins	8	GIEC (2000)
Moutons	8	GIEC (2000)
Chèvres	8	GIEC (2000)
Chevaux	4	GIEC (2000)
Poules pondeuses	10	Marinier et al. (2004)
Poulets	7	Marinier et al. (2004)
Dindes	5	Marinier et al. (2004)
Porcs	5	Marinier et al. (2004)
Sangliers	5	Porc utilisé comme approximation

A3.4.3.2. Potentiel de production maximale de CH_4 (B_0)

Le B_0 est défini comme le volume maximal de CH_4 qui peut être produit à partir d'un kilogramme de SV chargé dans un système de gestion des fumiers. Il s'exprime sous la forme suivante : $m^3\ kg^{-1}$ de SV chargés. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC ont été utilisées pour tous les animaux. Pour les bisons, les valeurs correspondant à la catégorie des Bovins non laitiers ont été utilisées.

A3.4.3.3. Facteur de distribution du système de gestion des fumiers (SGF)

Le facteur SGF représente la distribution proportionnelle des systèmes de gestion des fumiers pour une catégorie de bétail à l'intérieur d'une région donnée. Très peu de renseignements fiables ont été publiés sur la distribution des systèmes de gestion des fumiers au Canada.

Les lagunes de traitement anaérobie et l'épandage quotidien ne sont habituellement pas utilisés pour le stockage du fumier au Canada. Bien qu'on puisse en trouver des exemples, ces derniers ne peuvent être quantifiés, et sont donc actuellement considérés comme non significatifs et ne sont pas estimés. L'existence de ces types de systèmes de stockage n'était pas identifiée dans la consultation des experts entreprise par Marinier et al. (2004) ni dans le cadre des enquêtes sur la gestion agroenvironnementale, qui sont les sources des données sur la répartition des SGF au Canada. En conséquence, il est présumé que la quantité de fumier traitée par ces systèmes est négligeable. Les systèmes de stockage en terre existent au Canada, mais les solides en sont retirés régulièrement quand les systèmes sont vidés, sur une base annuelle, et il n'y a pas d'accumulation à long terme et de traitement anaérobie en lagune, comme c'est le cas pour les « lagunes de traitement anaérobie » définies dans les Lignes directrices du GIEC.

Bovins laitiers

Pour la catégorie des Bovins laitiers, un lien entre la taille de l'exploitation agricole et le temps passé dans les pâturages, les parcs d'exercice et l'étable a été établi par Sheppard et al. (2011b) pour chaque province. Il est présumé que la proportion de fumier excrété dans ces endroits équivaut au temps passé dans chaque endroit. Il a été constaté que le temps passé dans les pâturages diminuait lorsqu'augmentait la taille de l'exploitation agricole, et que la fraction de fumier déposé dans les pâturages a diminué en moyenne de 19 % en 1990 à 16 % en 2016 en raison d'un passage à des exploitations agricoles plus importantes.

Dans le cas du fumier déposé dans les étables, une série chronologique de stockage du fumier a été établie à partir d'une combinaison de données tirées de l'Enquête sur la gestion des intrants agricoles (1995), des Enquêtes sur la gestion agroenvironnementale (2001, 2006, 2011) et de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage (2005). L'utilisation de systèmes liquides a été estimée en fonction du lien avec la taille de l'exploitation agricole, pour l'Est et l'Ouest du Canada respectivement, qui a été dérivé des données des enquêtes. L'utilisation de systèmes liquides a augmenté de 17 % en 1990 à 64 % en 2011, tandis qu'il est présumé que l'utilisation de fumier solide est inversement reliée à l'utilisation du fumier liquide. Au Canada, le pourcentage de fermes laitières qui suivent une propagation quotidienne et des pâturages tout au long de l'année est négligeable. Les données des enquêtes ont été utilisées pour diviser les systèmes liquides en trois sous-systèmes de SGF : bassin de terre, réservoir et caillebotis. Une portion du fumier solide total est composté, tandis que le reste est divisé en deux sous-systèmes solides de SGF, selon les données des enquêtes : accumulé et en tas. Pour chaque

sous-système liquide, le fumier a été séparé selon la présence ou l'absence de formation d'une croûte, qui a été établie en fonction des données tirées de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage recueillies par Sheppard et al. (2011a). Enfin, pour chaque sous-système liquide et solide dans une province donnée, le fumier a été divisé davantage en fonction de l'utilisation de couvertures pendant le stockage de fumier.

Porcs

Dans le cas des porcs, une série chronologique de stockage du fumier a été établie à partir d'une combinaison de données tirées de l'Enquête sur la gestion des intrants agricoles (1995), des Enquêtes sur la gestion agroenvironnementale (2001, 2006, 2011) et de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage (2005). L'utilisation de systèmes liquides a été estimée en fonction du lien avec la taille de l'exploitation agricole et a été modélisée en fonction de la taille des exploitations agricoles provinciales tirée du RDA. L'utilisation de systèmes liquides a augmenté de 80 % en 1990 à 97 % en 2011, tandis que l'on présume que l'utilisation de fumier solide est inversement reliée à l'utilisation de fumier liquide. Des données ont été utilisées pour diviser les systèmes liquides en trois sous-systèmes de SGF : bassin de terre, réservoir et caillebotis par région. Le fumier solide est divisé en deux sous-systèmes de SGF : accumulé et en tas, selon les données des enquêtes. Pour chaque sous-système liquide, le fumier a été séparé selon la présence ou l'absence de formation d'une croûte, qui a été établie en fonction des données tirées de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage (Sheppard et al., 2010b). Enfin, pour chaque sous-système liquide et solide dans une province donnée, le fumier a été divisé davantage en fonction de l'utilisation de couvertures pendant le stockage de fumier.

Tous les autres animaux

Un sondage auprès de spécialistes de la gestion des fumiers et de la production animale a été mené en 2003 et 2004 dans le cadre de l'étude de Niveau 2 de Marinier et al. (2004). Le Tableau A3.4–18 présente un résumé des moyennes nationales des résultats. En bref, dans les principales catégories de production d'animaux à l'échelle du pays, le fumier de volaille est entreposé de la même façon que le fumier solide, et le fumier des bovins de boucherie est entreposé en tant que solide et épandu dans les pâturages à parts égales, sauf en Colombie-Britannique et au Manitoba, où la majeure partie du fumier est épandue dans les pâturages.

Pour les catégories d'animaux d'élevage mineures, pour lesquelles la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de CH_4 provenant de la gestion des fumiers, les répartitions des SGF sont signalées dans les TCD à des fins de cohérence avec le signalement des émissions de N_2O provenant de la gestion des fumiers (voir A3.4.4.1), mais ne sont pas incorporées dans les calculs.

A3.4.3.4. Facteur de conversion du méthane (FCM)

Le FCM décrit la proportion du B_0 réalisée, selon le système de stockage et la région climatique. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC ont été utilisées pour tous les animaux, sauf pour la volaille et pour le fumier liquide et semi-liquide des bovins laitiers et de boucherie. Lorsqu'une gamme de valeurs du FCM dépendantes de la température était disponible, la valeur pour un climat frais et une température annuelle moyenne de 12 ºC a été utilisée.

Dans le cas de la volaille, dans les systèmes de gestion des fumiers liquide, un FCM de 20 % compatible avec tous les autres systèmes de gestion des fumiers liquides d'animaux d'élevage a été utilisé, étant donné que les méthodes de stockage du fumier liquide de volaille au Canada ne diffèrent pas considérablement de celles des systèmes de stockage utilisés dans les secteurs de la production laitière ou porcine.

Dans le cas des catégories des Bovins laitiers et des Porcs, les valeurs du FCM tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC ont été attribuées à chacun des sous-systèmes de chaque SGF (section A3.4.3.3). Dans les sous-systèmes liquides, les valeurs du FCM liquides ou semi-liquides ont été dérivées au moyen de la méthodologie présentée dans la Révision 2019 des Lignes directrices du GIEC (2006). Cette méthodologie relie la moyenne mensuelle de la température de l'air à la température du fumier dans les réservoirs, les bassins de terre et le stockage dans des fosses sous les installations d'animaux en confinement. Les valeurs provinciales du FCM ont été agrégées à partir des écodistricts et étaient pondérées par le carbone contenu dans le fumier. Par conséquent, le FCM des systèmes liquides change selon la variation de la température mensuelle régionale (Figure A3.4–4), et ce, selon la localisation des animaux d'élevage dans la province. Des paramètres régionaux supplémentaires ont été intégrés à l'estimation des FCM des systèmes liquides, dont le moment de l'élimination du fumier, le facteur d'amortissement et la température minimale. De plus amples détails sur les algorithmes employés pour calculer les FCM liquides sont présentés dans Hung et al. (2022). Des scénarios provinciaux sur l'élimination ont été estimés à l'aide de données tirées de l'Enquête sur la gestion des fermes (Ewen et al., 2025). Dans les cas où des croûtes naturelles se formaient sur les systèmes liquides de stockage, le FCM a été fixé à 65 % de la valeur sans croûte correspondante. La réduction de 65 % a été modifiée à partir de la réduction de 60 % décrite dans la Révision 2019 du GIEC et après consultation des experts.

Dans le cas des sous-systèmes solides, le FCM du fumier sec a été utilisé pour le fumier accumulé (FCM=1 %), tandis que le FCM pour le stockage solide a été employé pour les tas de fumier (FCM=2 %). Dans le cas des bovins laitiers, un FCM du fumier sec a également été utilisé pour les parcs d'exercice. La liste complète des valeurs du FCM par animal d'élevage et par système de gestion des fumiers est disponible à la section A6.4.

Figure A3.4–4 **Facteur de conversion de méthane (FCM) par province**

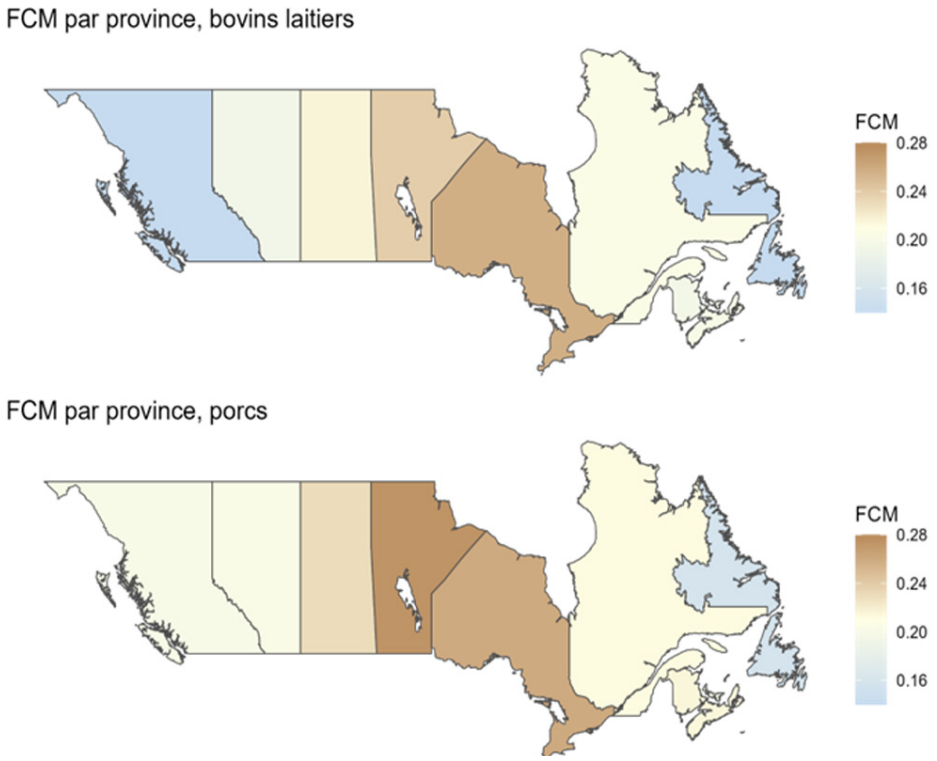


Tableau A3.4–18 **Pourcentages de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) au Canada (par catégorie d'animaux, pondérée en fonction des populations animales provinciales en 2024)**

Catégorie d'animaux	Systèmes liquides	Stockage du fumier solide et du fumier sec	Fumiers des pâturages, des grands parcours et des enclos	Autres systèmes
Bovins non laitiers	5,1	45	45	4,4
Bovins laitiers	64	18	16	3,0
Volaille	6,7	92	0,5	0,6
Moutons et agneaux	0,1	33	67	0,02
Lamas et alpagas[a]	0,03	30	70	0,02
Porcs	97	3	0	0
Chèvres	0	41	59	0
Chevaux	0	31	68	0,7
Bisons	0,2	46	50	3,9
Chevreuils et élans[b]	0	47	50	3,5
Animaux à fourrure[c]	0	100	0	0
Mules et ânes[d]	0	32	68	0,7
Sangliers[c]	0	100	0	0

Notes :
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre à 100 %.
a. Il est supposé que le fumier des lamas et des alpagas traité par des SGF est égal à celui des moutons et des agneaux, au niveau provincial.
b. Répartitions identiques à celles des bovins non laitiers, sauf que les systèmes de gestion de fumiers liquides sont attribués à la catégorie des pâturages, des grands parcours et des enclos (PGPE).
c. Hypothèse de 100 % de fumiers solides.
d. Il est supposé que le fumier des mules et des ânes traité par des SGF est égal à celui des chevaux.

A3.4.3.5. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers de bovins

Les coefficients d'émission pour les bovins élaborés pour le calcul des émissions de CH_4 issues des systèmes de gestion des fumiers varient selon les sous-catégories d'animaux et avec le temps (Tableau A3.4–19). Les solides volatils ont été calculés en fonction de l'EB issue de l'approche de production de bovins et de fermentation entérique et une série chronologique de coefficients d'émission a été obtenue pour les bovins afin de prendre en compte : 1) la hausse de la productivité des vaches laitières; 2) la variation dans les taux globaux de conversion du méthane, tels qu'ils sont touchés par les changements dans les pratiques du stockage du fumier; et 3) la variation du poids vif des bovins de boucherie dont il a été question aux sections A3.4.1, A3.4.3.4 et A3.4.1.1, respectivement. Les coefficients d'émission sont les plus élevés pour les vaches laitières, ce qui tient compte des taux élevés de confinement, de l'utilisation de systèmes de gestion des fumiers liquide et de l'apport alimentaire important pour la production soutenue de lait. Les coefficients d'émission liés à la production laitière ont plus que doublé depuis 1990 en raison de l'utilisation accrue de systèmes de gestion des fumiers liquide. Les coefficients d'émission pour les bovins de boucherie sont plus bas, étant donné les faibles taux de confinement, l'EB moins élevée et en raison de la plus grande partie du fumier qui est géré sous forme solide (faible FCM).

Tableau A3.4–19 **Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers des bovins, par sous-catégories, de 1990 à 2024**

Année	$EF_{(MM)T}$ (kg CH_4 $head^{-1}$ yr^{-1})							
	Vaches laitières	Génisses laitières[a]	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[b]	Bouvillons[b]	Veaux
1990	13	9	4,5	4,1	3,2	1,9	1,8	2,2
2005	28	13	4,6	4,3	3,1	2,1	1,9	2,4
2018	40	18	4,8	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2019	41	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2020	41	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2021	42	18	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2022	42	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2023	42	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2024	42	18	4,8	4,6	3,3	2,3	2,0	2,9

Notes :
a. Dans le cas des génisses laitières, les coefficients d'émission ont été estimés à l'aide des mêmes B_0, FCM et systèmes de gestion des fumiers que pour les vaches laitières.
b. Inscrit en kg $animal^{-1}$ $année^{-1}$, mais les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

A3.4.3.6. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers de porcs

Les coefficients d'émission pour les porcs sont établis pour calculer les émissions de CH_4 attribuables aux systèmes de gestion des fumiers et varient selon la sous-catégorie d'animaux et au fil du temps (Tableau A3.4–20).

Une série chronologique provinciale de coefficients d'émission a été établie à partir des données sur le porc afin de refléter 1) la variation dans les taux de conversion généraux du méthane selon les changements dans les pratiques de gestion des fumiers, et 2) les changements dans les taux de croissance et le poids vif des porcs de marché par catégorie de poids, tel qu'il est expliqué dans les sections A3.4.3.4 et A3.4.1.2, respectivement. Le coefficient d'émission pour les porcs est d'abord calculé au moyen des valeurs des SV tirées de Marinier et al. (2004), en incorporant les informations scientifiques les plus récentes sur le B_0 et le FCM, tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les taux d'excrétion annuels de SV sont ensuite recalculés en utilisant la masse animale de l'année de l'enquête de Marinier, et sont exprimés en tant que SV par 1000 kg de masse animale. Enfin, les SV sont mis à l'échelle au fil du temps en fonction de la série chronologique sur la masse animale type des porcs. Avec l'augmentation des taux de croissance au fil du temps, les SV pour les porcs des catégories de poids inférieurs (c.-à-d. < 20 kg, 20-60 kg) ont légèrement diminué au cours de la série chronologique, tandis que les SV pour les porcs pour la catégorie de poids supérieurs (c.-à-d. > 60 kg) ont augmenté en fonction du poids vif.

Les coefficients d'émission pour les porcs varient au fil du temps en raison d'augmentations dans le taux de gain de poids et du facteur de conversion du méthane résultant de l'utilisation accrue de systèmes de stockage de fumier liquide. Par ailleurs, une augmentation dans le coefficient d'émission de la catégorie de poids supérieurs reflète des augmentations dans le poids vif. Une petite diminution dans le coefficient d'émission pour les truies au fil du temps découle de changements proportionnels dans les populations d'animaux provinciaux, ce qui se traduit par une diminution générale dans les SV.

Tableau A3.4–20 **Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers de porcs, par sous-catégories, de 1990 à 2024**

Année	$CE_{(MM)T}$ (kg CH_4 animal^{-1} année^{-1})				
	Verrats	Truies	Porcs (< 20 kg)	Porcs (20–60 kg)	Porcs (> 60 kg)
1990	7,0	7,3	2,2	4,5	8,3
2005	7,0	7,1	2,2	4,4	8,5
2018	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2019	7,0	7,0	2,2	4,3	9,2
2020	7,0	7,0	2,2	4,3	9,3
2021	7,0	7,0	2,1	4,3	9,4
2022	7,0	7,0	2,2	4,2	9,4
2023	7,0	7,0	2,2	4,3	9,5
2024	7,0	7,0	2,2	4,2	9,5

A3.4.3.7. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers pour tous les autres animaux

Les coefficients d'émission attribuables aux systèmes de gestion des fumiers pour les animaux autres que les porcs et les bovins varient selon les sous-catégories d'animaux, mais sont constants dans le temps (Tableau A3.4–21). Dans le cas des plus grandes catégories d'autres animaux, soit les moutons et les volailles, les étapes de croissance sont prises en considération. Les coefficients d'émission pour les moutons, les agneaux, les chèvres, les chevaux, les bisons, les lamas et alpagas et la volaille sont calculés au moyen de la méthode de Niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les solides volatils sont tirés de Marinier et al. (2004); toutefois, puisque le présent rapport était basé sur les Lignes directrices 2006 du GIEC, les coefficients ont été recalculés afin d'incorporer les informations scientifiques les plus récentes sur le B_0 et le FCM, tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Des valeurs substitutives sont utilisées pour les catégories animales très mineures qui représentent moins de 0,2 % des émissions agricoles totales, comme il est décrit à la section A3.4.3.

Les coefficients d'émission associés à d'autres catégories mineures tendent à être faibles à cause de l'importante proportion de fumier épandu sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos, ou sous forme solide, dans les enclos et les parcs clôturés. Les coefficients d'émission calculés selon la méthode de Niveau 1 du GIEC présentés dans le Tableau 10.15 du Chapitre 10 des Lignes directrices 2006 du GIEC sont utilisés pour les élans et chevreuils, les renards, les visons, les lapins et les mules et ânes, et représentent moins de 0,1 % des émissions agricoles totales.

Tableau A3.4–21 **Coefficients d'émission de CH_4 pour la gestion des fumiers de tous les autres animaux d'élevage, 2024**

Catégories d'animaux autres que les bovins	Coefficients d'émission pour la gestion des fumiers $CE_{(MM)}$ (kg CH_4 animal^{-1} année^{-1})
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,33
Agneaux	0,22
Chèvres	0,32
Chevaux	2,6
Bisons	2,1
Élans et chevreuils	0,22
Sangliers[a]	0,56
Renards	0,68
Visons	0,68
Lapins	0,08
Mules et ânes	0,76
Volaille	
Poulets	0,03
Poules	0,11
Dindes	0,10

Note :
a. Coefficients d'émission basé sur les SV établis pour les porcs, dans l'hypothèse de 100 % de fumiers solides

A3.4.3.8. Évaluation du choix des paramètres par rapport à des travaux de recherche canadiens

La catégorie de source Gestion des fumiers faisait l'objet d'un processus d'AQ/CQ de Niveau 2 pour le secteur de l'Agriculture (MacDonald et Liang, 2011) dans le rapport de 2011, ce qui comprenait un examen et une compilation d'études canadiennes sur les émissions de méthane issues du stockage de fumier.

Lacasse et al. (2025) ont révisé 144 études canadiennes qui mesuraient les émissions issues du stockage des fumiers au Canada de 1990 à 2023. Les coefficients d'émission observés sont très variables, et c'est aussi le cas des techniques de mesure et des types de régions, d'animaux et de gestion concernés. Cette variabilité rend la comparaison des paramètres spécifiques utilisés dans les calculs de Niveau 2 extrêmement difficile. Même si la méthodologie décrite dans le RIN prend en considération la majorité des études sur le fumier des bovins laitiers et celui de porc, des recherches supplémentaires sont nécessaires dans l'Est du Canada, où les émissions sont substantielles (Lacasse et al., 2025). Le FCM du fumier liquide stocké, estimé à partir de mesures effectuées sur place, a varié de plus de 100 % (ce qui porte à croire que le B_0 est également sous-estimé) jusqu'à aussi peu que 5,9 % à 14 % dans le cas du fumier de porcs, et de 4 % à 62 % dans le cas de celui des bovins laitiers, sans mesures d'atténuation en place (Kaharabata et al., 1998; Massé et al., 2003, 2008; Wagner-Riddle et al., 2006; Laguë et al., 2005; Park et al., 2006, 2010; VanderZaag et al., 2009, 2010, 2022). Quelques études ont été effectuées au Canada sur les émissions issues de fumiers solides et d'autres méthodes de stockage (compostage) (Pattey et al., 2005; Xu et al., 2007; Hao, 2007; Hao et al., 2001b, 2008, 2009, 2010a, 2010b). Comme c'est le cas pour les systèmes de gestion des fumiers liquide, la variabilité des émissions et des méthodes rend difficiles les comparaisons avec les paramètres du GIEC.

Godbout et al. (2010) ont effectué une analyse d'un petit échantillon d'exploitations agricoles de l'Est du Canada et supposé que les valeurs de B_0 pour les catégories des Porcs, des Bovins non laitiers et des Bovins laitiers étaient de 0,47-0,42, 0,21-0,19 et 0,35-0,30 m^3 de CH_4 par kg de solides volatils respectivement. Les valeurs pour les Bovins non laitiers et les Porcs sont conformes aux valeurs par défaut du GIEC, mais les bovins laitiers font exception, les valeurs de B_0 observées étant 50 % plus élevées que les valeurs par défaut. VanderZaag et al. (2018) ont estimé les valeurs de B_0 pour le fumier brut de deux fermes à 0,248 m^3 CH_4 kg^{-1} (ET=0,002) et à 0,247 m^3 CH_4 kg^{-1} (ET=0,006). Une étude récente a montré un B_0 légèrement inférieur (0,335 m^3 CH_4 kg^{-1}) d'une ferme porcine dans l'Ouest (VanderZaag et al., 2022). D'autres analyses de B_0 sont nécessaires pour de nombreuses régions et pratiques de production.

Les quantités de SV stockés dans les systèmes de gestion des fumiers pour différentes catégories d'animaux tendent à être conformes avec les quantités estimées dans les calculs d'inventaire. La variabilité observée dans les études est donc probablement due à une combinaison de différences dans les méthodes de mesure, à la variabilité des caractéristiques des fumiers (p. ex. B_0) et à des différences dans plusieurs facteurs physiques et biochimiques dans chaque expérience, qui ne sont pas pris en compte dans l'approche de Niveau 2 du GIEC. Ces facteurs comprennent, entre autres : la température, la composition des fumiers, qui comprend le matériel de litière et les aliments non consommés, les dimensions des installations de stockage du fumier, la durée de stockage et les procédures de nettoyage des installations de stockage, tous ces facteurs pouvant influer sur les émissions issues du stockage des fumiers (Pattey et al., 2005 ; Laguë et al., 2005; Park et al., 2006, 2010; Wagner-Riddle et al., 2006; Massé et al., 2008; VanderZaag et al., 2009, 2010). Qui plus est, ces facteurs ne sont pas contrôlés dans le cadre des études, ce qui rend les comparaisons encore plus difficiles. Des études factorielles plus normalisées sont nécessaires pour comprendre le poids relatif des facteurs importants qui influent sur les émissions issues du stockage des fumiers et pour affiner les méthodes d'estimation des émissions.

Compte tenu des résultats de recherche actuels, aucun biais précis ne peut être déterminé dans les résultats des systèmes de gestion des fumiers, étant donné qu'il n'y a pas de norme claire permettant d'évaluer si les paramètres du GIEC sont appropriés pour estimer les émissions issues des systèmes de gestion des fumiers.

Desjardins et al. (2018) ont mesuré le flux de CH_4 pour les systèmes complets des exploitations agricoles, dont les émissions attribuables aux processus de gestion des fumiers et à la fermentation entérique prise par aéronef, et ont comparé des estimations descendantes avec une estimation d'inventaire ascendante ajustée en fonction de l'empreinte pour les émissions dans une région agricole de l'Est de l'Ontario, au Canada. Ils ont conclu que lorsqu'un milieu humide situé dans l'empreinte du flux représente moins de 10 %, les estimations descendantes et ascendantes s'inscrivaient dans les limites de l'erreur de mesure. Toutefois, ils ont constaté que les flux de CH_4 descendants surestimaient considérablement les émissions de méthane lorsque la contribution des milieux humides n'était pas prise en compte dans les sources possibles. La cartographie à petite échelle des milieux humides était nécessaire pour quantifier efficacement les sources naturelles d'émissions de méthane. Lorsque les estimations à partir des deux méthodes étaient incompatibles, l'écart était lié à une augmentation de la zone fractionnée de milieux humides dans l'empreinte de flux, à une augmentation des émissions d'échelles de temps variables et à une augmentation de la température de surface.

A3.4.3.9. Incertitude concernant les émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers

Les émissions de méthane attribuables aux systèmes de gestion des fumiers ont été prises en compte dans l'analyse d'incertitude exhaustive dont il est question à la section A3.4.2.4. Comme c'était le cas pour le processus de fermentation entérique, l'analyse a été fondée sur une étude de Karimi-Zindashty et al. (2012) et sur un principe de précaution se résumant à établir avec prudence les distributions de probabilité des paramètres pour lesquels peu d'informations étaient disponibles (Tableau A3.4–22). Il existe très peu de données sur les distributions de probabilité des coefficients utilisés dans les méthodes de gestion des fumiers de Niveau 2 du GIEC; donc, la principale source de distributions de probabilité a été l'avis des experts, et plus particulièrement les avis présentés dans le rapport de Marinier et al. (2004). Comme pour la méthode pour la fermentation entérique, l'incertitude relative pour l'analyse de 2012 a été appliquée à l'année en cours et aucune nouvelle analyse d'incertitude n'a été menée pour les changements à la méthodologie pour les bovins laitiers.

L'incertitude sur les populations des catégories clés d'animaux est la même que celle dont il est question à la section A3.4.2.3; les distributions utilisées pour déterminer les incertitudes sont présentées au Tableau A3.4–12.

Les paramètres utilisés pour calculer des coefficients d'émission de Niveau 2 pour les systèmes de gestion des fumiers de tous les animaux peuvent être divisés en deux catégories : les paramètres associés aux calculs des solides volatils, et les paramètres propres aux calculs des coefficients d'émission de Niveau 2 du GIEC. Les intervalles de confiance attribués aux coefficients utilisés aux fins du calcul des SV étaient relativement petits comparativement à ceux utilisés pour calculer des coefficients d'émission. À l'exception de la teneur en cendres des fumiers, les paramètres tendant à être inférieurs à 10 %, surtout parce que des paramètres tels que la MSI et DA % sont des valeurs que les producteurs connaissent très bien et qui permettent un certain degré de confiance. Pour ce qui est des bovins, les SV varient en fonction de l'EB consommée et présentent subséquemment une variabilité similaire à celle du coefficient d'émission établi pour la fermentation entérique (±19 %).

La plupart des distributions de probabilité pour les coefficients utilisés dans les équations de Niveau 2 du GIEC afin de calculer les coefficients d'émission sont directement tirées des travaux de Karimi-Zindashty et al. (2012), qui ont établi les distributions à partir des opinions d'experts énoncées dans le rapport de Marinier et al. (2004), ou directement des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'incertitude quant au B_0 provient des travaux de Marinier et al. (2004), mais aucune source fiable n'a pu être trouvée pour l'estimation de l'incertitude liée au FCM. Dans le cadre de l'étude actuelle, une grande plage d'incertitude (±45 % de la moyenne) a été utilisée, d'après l'avis d'experts. Cependant, la méthode décrite dans la Révision 2019 du GIEC a été appliquée, ce qui a réduit l'incertitude. La valeur réelle de l'estimation de l'incertitude totale liée aux systèmes de gestion des fumiers doit donc être considérée comme étant hautement tributaire d'une valeur et d'une fonction de distribution de probabilité qui sont très incertaines.

Contrairement à l'étude de Karimi-Zindashty (2012), l'analyse actuelle a été fondée sur une distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers; les plages d'incertitude ont été estimées à partir des valeurs indiquées dans différents rapports (Koroluk et Bourque, 2003; BPR-Infrastructure, 2008) et enquêtes (Sheppard et al., 2009, 2010b, 2011b; Sheppard et Bittman, 2011) provinciaux et nationaux. Dans le cas des bovins laitiers, la limite inférieure concernant les systèmes de gestion des fumiers liquide a été établie en comparant différents rapports selon lesquels le fumier traité par des systèmes de gestion des fumiers liquide pouvait présenter une variation allant jusqu'à plus ou moins 10 % par rapport à l'estimation de Marinier et al. (2005). De plus, les systèmes de gestion des fumiers liquide ont semblé gagner du terrain de façon continue au fil du temps. La limite supérieure a donc été établie à 25 %, d'après le taux d'adoption des systèmes de gestion des fumiers liquide indiqué par BPR-Infrastructure (2008) et le nombre d'années écoulées depuis l'étude menée par Marinier et al. (2005). Dans le cas des porcs, la limite supérieure concernant les systèmes de gestion des fumiers liquide a été fixée à 100 %. Pour tous les types d'animaux, les limites inférieures concernant les autres systèmes de gestion des fumiers ont été fixées à 0 %, ce qui a également engendré une asymétrie dans les distributions de probabilité. Cette approche a entraîné des distributions non symétriques pour tous les systèmes de gestion des fumiers. L'approche utilisée a causé une augmentation de l'incertitude liée à chaque système de gestion des fumiers par rapport à l'étude Karimi-Zindashty, mais a probablement réduit son effet sur l'incertitude liée aux émissions nationales, car les systèmes de gestion des fumiers ont été répartis à l'échelle provinciale, et la somme des systèmes de gestion des fumiers a été fixée à 100 %.

L'analyse des tendances réalisée à l'aide du MSEC a permis de quantifier l'incertitude liée à l'ampleur de la variation des émissions avec le temps pour ce qui est des systèmes de gestion des fumiers. Tout comme dans le cas de la méthode pour la fermentation entérique, pour la tendance à long terme, les émissions pour 1990 et pour 2013 ont été calculées simultanément, ne permettant qu'aux paramètres dépendants du temps de varier de façon indépendante dans les estimations. Une description détaillée de l'analyse des tendances est donnée à la section A3.4.2.4. Les paramètres qui pouvaient varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances relative aux systèmes de gestion des fumiers étaient les populations animales, la production laitière et la teneur en matières grasses chez les bovins laitiers, le poids des bovins de boucherie et le SGF (indiqués par un « 7 » en indice supérieur au Tableau A3.4–12 et par un « 5 » en indice supérieur au Tableau A3.4–22). Avant 2004, la limite inférieure pour les SGF liquides était calculée d'après le taux d'adoption des systèmes de gestion des fumiers liquide et le nombre d'années écoulées depuis l'étude de Marinier et al. (2005), tout comme pour la limite supérieure. Cette méthode a donné lieu à des distributions non symétriques pour tous les systèmes de gestion des fumiers et, pour ce qui est de l'analyse des tendances, elle a modifié la symétrie des distributions de probabilité des systèmes liquides entre l'année de référence et l'année en cours. L'incertitude des tendances pour l'année 2018 était fondée sur l'analyse des tendances pour 2012.

Le sommaire des résultats de l'analyse d'incertitude portant sur les émissions attribuables à la catégorie Gestion des fumiers est présenté au Chapitre 5. En résumé, la plage d'incertitude utilisée pour déterminer l'incertitude rapportée au Chapitre 5 pour les émissions de 2014 provenant de la gestion des fumiers est de 60 % (-32 % à +27 % de la moyenne). Comme c'est le cas pour les résultats relatifs à la fermentation entérique, les coefficients d'émission représentent la majeure partie de l'incertitude. Les coefficients d'émission se situent dans une plage d'incertitude de -34 % à +62 % pour la catégorie des Bovins non laitiers, et une plage de -60 % à +50 % pour les Bovins laitiers. Les coefficients d'émission établis pour la catégorie des Porcs, qui constituent la catégorie affichant la plus importante contribution aux émissions provenant de la gestion des fumiers, se situent dans une plage d'incertitude -51 % à +43 %. Une étude de trois ans dans une ferme porcine de l'Ouest canadien a justifié l'incertitude des émissions de méthane du fumier (VanderZaag et al., 2022). La contribution de tous les autres animaux aux émissions totales est faible, c'est-à-dire de 0,19 Mt d'éq. CO_2 dans une plage d'incertitude de 0,13 (-35 % de la moyenne) à 0,23 (+15 % de la moyenne). Dans l'ensemble, comme c'était le cas pour les résultats relatifs à la fermentation entérique, les émissions moyennes estimées pour les catégories des Bovins laitiers et des Bovins non laitiers à l'aide du modèle stochastique sont légèrement plus élevées que celles calculées à l'aide de modèles non stochastiques et tendent à être légèrement biaisées vers la limite inférieure, ce qui indique une tendance à la hausse des émissions. Toutefois, les émissions moyennes estimées pour les porcs et les autres animaux à l'aide du modèle stochastique sont légèrement inférieures aux estimations d'émission, et la distribution des estimations d'émission tend à être légèrement biaisée vers la limite supérieure, ce qui indique une tendance à la baisse des émissions. Cette distribution asymétrique est manifeste lors de l'observation de la plage d'incertitude des coefficients d'émission (p. ex., 34 % à +62 % pour les Bovins non laitiers). L'asymétrie de la plage d'incertitude est vraisemblablement due à une combinaison des distributions de probabilité asymétriques concernant les systèmes de gestion des fumiers, et des facteurs ayant influé sur la distribution des estimations des émissions provenant de la fermentation entérique pour les bovins, et plus particulièrement les distributions asymétriques concernant la semi-finition des animaux de boucherie et la distribution uniforme utilisée pour l'énergie nette mobilisée par la perte de poids pendant la lactation chez les Bovins laitiers.

En se basant sur l'analyse de tendance, cette publication fait état d'une plus grande incertitude dans la tendance que dans la différence estimée des émissions provenant de la gestion des fumiers depuis 1990, les variations pouvant aller d'une diminution de -10 % à une augmentation de 8 %, bien qu'il soit probable qu'il y ait eu une augmentation des émissions d'environ 5,5 %. L'hypothèse selon laquelle le stockage de fumier liquide et le stockage d'autres types de fumier ont augmenté avec le temps influe sur la tendance. Ainsi, en Ontario en 1990, dans le cas des bovins laitiers, la distribution triangulaire utilisée pour le pourcentage de fumier traité dans les systèmes de gestion des fumiers liquides s'appuyait sur une limite inférieure de 16 %, une valeur plus probable de 40 % et une limite supérieure de 42 %; en 2010, la limite inférieure était de 37 %, la valeur plus probable de 40 % et la limite supérieure de 59 %. L'utilisation d'une distribution asymétrique, ce qui indique qu'il y a une probabilité accrue qu'un moins grand nombre de bêtes aient été élevées selon des systèmes de gestion des fumiers liquides par le passé, vient contrebalancer l'augmentation des populations animales. Par conséquent, il est improbable qu'avec le temps il y ait une augmentation globale des émissions attribuables à la gestion des fumiers, notamment dans le cas des bovins de boucherie.

La plage d'incertitude de l'analyse effectuée en 2012 était légèrement inférieure à celle de l'analyse précédente (2 %), ce qui est probablement dû à la combinaison de valeurs d'incertitude plus basses pour les populations d'animaux selon le recensement et de modifications des limites d'incertitude relatives aux SGF avec l'ajout de deux années à la période du relevé original. Dans l'ensemble, la plage d'incertitude des émissions provenant de la gestion des fumiers, établie par la présente analyse, est légèrement inférieure aux données indiquées par Karimi-Zindashty et al. (2012), les proportions de fumiers traités selon les différents systèmes de gestion des fumiers ayant été réparties à l'échelle provinciale dans la présente analyse, alors qu'une moyenne nationale a été utilisée dans la publication de 2012. Monni et al. (2007) ont estimé à environ ±30 % l'incertitude liée au coefficient d'émission de CH_4 attribuable à la gestion des fumiers, en se fondant uniquement sur l'opinion d'experts. Comme c'était le cas pour la fermentation entérique, Karimi-Zindashty et al. (2012) ont démontré que la majeure partie de l'incertitude associée à l'approche de quantification de la gestion des fumiers est due à l'utilisation de paramètres par défaut du modèle du GIEC qui sont appliqués à l'échelle nationale, et plus particulièrement du FCM. En calculant des FCM pour différentes régions et différentes structures de stockage, l'incertitude serait réduite de manière significative. De futurs travaux porteront sur l'incertitude des tendances et l'amélioration des distributions de probabilité concernant des paramètres propres au pays qui existent déjà dans l'approche. Comme le FCM guide l'incertitude liée à la catégorie de la gestion des fumiers, il est peu probable que des changements dans les méthodes liées aux bovins laitiers ou aux porcs auraient une incidence considérable sur l'incertitude associée à la gestion des fumiers nationale. Cependant, l'introduction d'une série chronologique de SGF pour le secteur des Bovins laitiers et des Porcs pourrait jouer un rôle important lorsqu'il s'agit d'influer sur l'incertitude des tendances pour les émissions associées aux systèmes de gestion des fumiers.

Tableau A3.4–22 **Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers**

Catégorie de paramètre	Paramètre/catégorie ou sous-catégorie d'animaux	Type de distribution	Plage d'incertitude		Catégorie spatiale/animale	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes
			Plage	Valeur la plus probable[a]		
CALCUL DES SOLIDES VOLATILS (ÉQUATIONS A3.4–6 ET A3.4–7)						
Matière sèche ingérée (MSI)						
- Porcs		Triangulaire			National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Verrats		1,2–3,4	2,28		
	Truies		2,0–2,5	2,25		
	Porcs < 20 kg		0,55–0,72	0,68		
	Porcs 20–60 kg		0,63–2,1	1,75		
	Porcs > 60 kg		2,1–3,3	2,7		
- Volaille						
	Poules pondeuses		7,4–9,9	9,85		
	Poulets à griller		0,085–0,088	0,086		
	Dindes		0,23–0,53	0,27		
- Autres animaux d'élevage						
	Moutons		1,2–3,0	2		
	Agneaux		1,2–1,6	1,35		
	Chèvres		1,4–2,3	1,75		
	Chevaux		7,4–9,9	9,85		
	Buffles		6,8–10,1	8,43		
Cendres						
- Bovins		Triangulaire	3,9–11	8	National/catégorie[b]	Marinier et al. (2004)
- Porcs			3,9–11	4,8–5,1		
- Volaille	Poules pondeuses		3,9–11	10		
	Poulets à griller		3,9–11	7		
	Dindes		3,9–11	5		
- Autres animaux d'élevage						
	Moutons		3,9–11	8		
	Agneaux		3,9–11	8		
	Chèvres		3,9–11	8		
	Chevaux		3,9–11	4		
	Buffles		3,9–11	8		
Énergie digestible (ED)						
- Bovins		Normale	Pâturage ±9 % Confinement ±9 % Semi-finition ±7,5 % Aliments préparés ±5,5 %		Provincial/sous-catégorie de production	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
- Porcs			±9 %		Provincial/catégorie	
- Volaille	Poules pondeuses		±5,5 %		National/sous-catégorie	
	Poulets à griller					
	Dindes					
- Autres animaux d'élevage						
	Moutons		±9 %		Provincial/catégorie	
	Agneaux				Provincial/catégorie	
	Chèvres				Provincial/catégorie	
	Chevaux				Provincial/catégorie	
	Buffles				Provincial/catégorie	

Tableau A3.4–22 **Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers** (suite)

Catégorie de paramètre	Paramètre/catégorie ou sous-catégorie d'animaux	Type de distribution	Plage d'incertitude		Catégorie spatiale/animale	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes
			Plage	Valeur la plus probable[a]		
CALCUL DES COEFFICIENTS D'ÉMISSION (ÉQUATION A3.4–6)						
Facteur de conversion du méthane (FCM)						
	Tous les animaux	Normale	±45 %		National	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts
Potentiel maximal de production de méthane (B_0)						
	Bovins laitiers	Triangulaire	0,1–0,24	0,24	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006) / Marinier et al. (2004)
	Bovins non laitiers		0,19–0,33	0,19		
	Porcs		0,32–0,48	0,48		
	Volaille		0,24–0,39	0,32		
	Moutons et agneaux		0,19–0,36	0,19		
	Chèvres		0,15–0,19	0,18		
	Chevaux		0,30–0,36	0,3		
	Buffles		0,19–0,33	0,19		
Système de gestion des fumiers (SGF)[d]						
	Bovins laitiers	Triangulaire	LI : VPP - 10 % LS : VPP + 25 %	VPP de Marinier et al. (2005)	Provincial/catégorie	Opinion d'experts, limites fondées sur l'interprétation de multiples sources de données Variable à corrélation interne[c] La variation des systèmes liquides selon des distributions triangulaires non symétriques a été autorisée
	Porcs		LI : VPP - 10 % LS : 100 %	VPP de Marinier et al. (2005)		
	Bovins non laitiers	Normale	±17 %			Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[c]
	Volaille					
	Moutons et agneaux					
	Chèvres					
	Chevaux					
	Buffles					

Notes :
VPP = valeur la plus probable; LI = limite inférieure; LS = limite supérieure
a. Indication de la valeur la plus probable lorsque la distribution est triangulaire; simple indication de ± % pour les distributions normales.
b. La teneur en cendres peut varier d'une province à l'autre pour les porcs.
c. La corrélation interne indique des valeurs exprimées en proportion d'un tout, c'est-à-dire en proportion d'un total équivalant à 100 %.
d. Valeurs qui ont pu varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances.

A3.4.4. Émissions de N_2O attribuables à la gestion des fumiers

Les émissions de N_2O attribuables aux systèmes de gestion des fumiers découlent de la minéralisation des matières organiques ainsi que de la nitrification et de la dénitrification du N minéral, directement et indirectement.

A3.4.4.1. Émissions directes de N_2O attribuables à la gestion des fumiers

Trois facteurs sont nécessaires pour estimer, à l'aide de la méthode de Niveau 1 du GIEC, les émissions de N_2O attribuables à ces systèmes : 1) les taux d'excrétion de N pour les diverses catégories et sous-catégories d'animaux ; 2) les types de systèmes de gestion des fumiers ; et 3) les coefficients d'émission associés à chacun des systèmes de gestion des fumiers.

Comme il a été précédemment observé dans la section A3.4.3, des coefficients d'émission par défaut ou des sources d'information propre au pays sont parfois utilisés pour les catégories d'animaux mineures en tant que variables substitutives logiques basées sur les similitudes des espèces, lorsqu'aucune autre information n'est disponible. Les valeurs substitutives suivantes et le jugement d'experts sont utilisés dans le calcul des émissions de N_2O, en plus de celles déjà citées à la section A3.4.3 :

- Le taux d'excrétion de N pour les porcs est utilisé pour représenter les sangliers.
- Le taux d'excrétion de N pour les moutons est utilisé pour représenter les agneaux, ainsi que les lamas et les alpagas.
- Le taux d'excrétion de N pour les buffles est utilisé pour représenter les bisons.
- Le taux d'excrétion de N pour les Autres bovins est utilisé pour représenter les cerfs et les élans.

Taux d'excrétion de N pour diverses espèces d'animaux d'élevage

Dans le cas de la catégorie des Bovins laitiers, la méthode de Niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisée. La rétention de N provenant de la production de lait et du gain de poids est calculée à l'aide de l'Équation 10.33 tirée du Chapitre 10 du volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC. La rétention de N provenant de la gestation a également été estimée à l'aide d'une approche propre au pays. Le taux de gain de poids du fœtus a été estimé selon le poids moyen supposé d'un veau à la naissance de 40 kg (Farm & Food Care Ontario, 2013) et une période de gestation de 276 jours. La rétention de N attribuable à la croissance du fœtus d'une vache en gestation a été pondérée sur 365 jours pour prendre en compte sa contribution au taux annuel d'excrétion de N. L'apport en azote provenant de l'alimentation a augmenté de manière constante depuis 1990, afin de répondre aux besoins en protéine associés à une production soutenue de lait (Tableau A3.4–4) et, par conséquent, une augmentation correspondante dans les taux d'excrétion de N associés aux vaches laitières (Tableau A3.4–23) a été calculée.

Dans le cas de la catégorie des Bovins non laitiers, les valeurs annuelles de poids vif (section A3.4.1.1) ont été multipliées par le taux d'excrétion de N par défaut du GIEC (GIEC, 2006) pour donner une série chronologique des taux d'excrétion de N du fumier (Tableau A3.4–23).

Dans le cas de la catégorie des Porcs, des paramètres distincts ont été utilisés pour estimer le taux d'excrétion de N de sous-catégories d'animaux de reproduction et d'animaux de marchés. Dans le cas des porcs de marché, des augmentations dans le taux de croissance et le poids vif ont été utilisées pour établir une série chronologique de la masse animale propre au pays par étape de production, qui a été multipliée par le taux d'excrétion de N tiré du Tableau 10.19 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Dans le cas des animaux de reproduction, le taux d'excrétion de N par défaut du GIEC a été multiplié par la masse animale par défaut du GIEC.

Les taux d'excrétion annuels de N du fumier pour tous les autres types d'animaux varient selon la catégorie d'animaux d'élevage, selon les valeurs par défaut de Niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006). Le taux d'excrétion de N associé à la volaille est élevé (Tableau A3.4–25), alors que les chevaux et les bisons présentent les plus faibles taux d'excrétion. Cependant, sur une base individuelle, les bisons présentent les taux d'excrétion de N les plus élevés en raison de leur taille. Les valeurs par défaut de Niveau 1 pour les animaux à fourrure et les lapins présentent des taux d'excrétion exceptionnellement élevés compte tenu de leur taille (Tableau A3.4–25), mais sont censées être fondées sur les animaux reproducteurs et leur attribuent tout le fumier produit à la ferme.

Tableau A3.4–23 **Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les bovins (kg N animal^{-1} année^{-1})**

Année	(kg N animal^{-1} année^{-1})							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[a]	Bouvillons[a]	Veaux
1990	107	72	88	58	45	45	48	27
2005	116	73	102	68	52	61	61	26
2018	122	76	108	75	57	66	67	26
2019	122	76	107	74	57	66	68	26
2020	122	76	107	74	57	67	68	27
2021	123	76	111	74	57	67	68	27
2022	122	76	105	75	57	67	69	27
2023	119	76	107	75	58	67	69	27
2024	119	76	109	79	60	76	71	27

Notes :
Le taux d'excrétion d'azote pour les bovins de boucherie est de 0,31 kg N 1000 kg $^{-1}$ jour $^{-1}$ (GEIC, 2006, Tableau 10.19). Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.
a. Les valeurs sont corrigées en fonction de la durée de vie des animaux destinés à l'abattage.

Tableau A3.4–24 **Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les porcs (kg N animal^{-1} année^{-1})**

Année	(kg N animal^{-1} année^{-1})				
	Truies	Verrats	Porcs (< 20 kg)	Porcs (20–60 kg)	Porcs (> 60 kg)
1990	17	17	1,3	5,7	11,9
2005	17	17	1,3	5,7	12,4
2018	17	17	1,3	5,6	13,5
2019	17	17	1,3	5,6	13,6
2020	17	17	1,3	5,6	13,7
2021	17	17	1,3	5,6	13,8
2022	17	17	1,3	5,5	13,8
2023	17	17	1,3	5,6	14,0
2024	17	17	1,3	5,5	14,0

Notes :
Les taux d'excrétion d'azote pour les porcs de reproduction et les porcs de marché proviennent de la version la plus récente du Chapitre 10 des Lignes directrices 2006 du GIEC, volume 4, Tableau 10.19, en unité de kg N (1000 kg)$^{-1}$ jour^{-1}.
Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Tableau A3.4–25 **Taux d'excrétion de N provenant du fumier pour tous les autres animaux**

Catégories d'animaux	Taux d'excrétion d'azote[a] (kg N 1000 kg^{-1} jour^{-1})	Poids corporel moyen[b] (kg)	Taux d'excrétion annuel d'azote par le fumier (kg N animal^{-1} année^{-1})
Moutons	0,42	27	4,1
Agneaux	0,42	27	4,1
Chèvres	0,45	64	10,5
Chevaux	0,3	450	49,3
Lamas et alpagas	0,42	112	17,2
Bisons	0,32	578,5	67,7
Poules	0,83	1,8	0,5
Poulets à griller	1,1	0,9	0,4
Dindes	0,74	6,8	1,8
Élans et chevreuils	0,31	120	13,6
Sangliers[c]	0,40	61	11,1
Renards	12,1	1,8	7,9
Visons	4,6	1,8	3,0
Lapins	8,1	1,6	4,7
Mules et ânes	0,3	245	26,8

Notes :
a. Source des données : GIEC (2006).
b. Pour les buffles, le poids vif moyen provient du RIN des États-Unis.
c. Équivalent au taux d'excrétion général des porcs de 0,40 kg N (1000 kg^{-1} jour^{-1}) (Tableau 10.19, GIEC, 2006). Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Coefficients d'émission associés aux SGF

Le type de SGF a une incidence considérable sur les émissions de N_2O. Les systèmes moins aérés, comme les systèmes liquides, génèrent peu de N_2O, tandis que les parcs d'élevage en produisent davantage. Il y a eu peu de mesures de coefficients d'émission de N_2O provenant des animaux d'élevage pour les SGF au Canada, et ce, en raison de la concentration de la recherche sur les stratégies d'atténuation et des difficultés rencontrées lors de l'estimation du N total dans les systèmes solides de fumier (Lacasse et al., 2025). Nous avons donc utilisé les coefficients d'émission par défaut du GIEC énumérés à l'Annexe 6 pour estimer ces émissions. Dans le cas des animaux d'élevage du secteur des Bovins laitiers et des Porcs, les coefficients d'émission de N_2O pondérés ont été calculés à l'aide de la proportion de fumier dans chaque sous-système de SGF (voir section A3.4.3.3), et les coefficients d'émission par défaut correspondants (Annexe 6) pour produire une série chronologique des coefficients d'émission de N_2O par SGF.

Le Tableau A3.4–18 résume la répartition des systèmes de gestion des fumiers au Canada, par catégorie d'animaux. Les émissions de N_2O attribuables au fumier présent dans les pâturages, les grands parcours et les enclos ne sont pas indiquées dans la catégorie Gestion des fumiers, puisqu'elles sont déclarées dans la catégorie Sols agricoles, section A3.4.5.1. Des données détaillées sur les populations d'animaux figurent à la section A3.4.1.

Les émissions directes de N_2O attribuables à la gestion des fumiers sont estimées comme suit à l'aide de la méthode de Niveau 1 du GIEC (Équation A3.4–9) :

Équation A3.4–9

$$N_2O_{D(gf)} = \sum_i \sum_{SGF} \left(N_{i,T} \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T}\right) \times CE_{SGF} \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{D(gf)}$ = émissions pour les toutes les catégories de SGF et d'animaux d'élevage, sauf les émissions de l'urine et du fumier déposés sur les pâturages, les grands parcours et les enclos, kg N_2O année^{-1}

$N_{i,T}$ = population animale pour la T^e catégorie ou sous-catégorie animale par province i

$N_{i,SGF}$ = pourcentage de N provenant de fumier traité par chaque SGF dans la province i, fraction (voir le Tableau A3.4–18)

$N_{EX,T}$ = taux d'excrétion de N pour la T^e catégorie ou sous-catégorie animale (voir le Tableau A3.4–23 pour les bovins et le Tableau A3.4–25 pour les animaux autres que les bovins), kg N animal^{-1} année^{-1}

CE_{SGF} = coefficients d'émission de N_2O attribuable à la gestion des fumiers pour chaque SGF particulier (voir l'Annexe 6), kg N_2O-N kg^{-1} N

$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

A3.4.4.2. Émissions indirectes de N_2O attribuables à la gestion des fumiers

Durant le stockage et la manutention du fumier, des pertes de N surviennent par les voies indirectes suivantes : 1) volatilisation de N du fumier sous forme de NH_3 et de NO_X, puis nouveau dépôt subséquent; 2) lessivage et ruissellement du N. Le lessivage est estimé seulement pour les Bovins laitiers et les Porcs, lorsque des renseignements propres au pays sur la fraction de N perdue attribuable au lessivage et au ruissellement sont disponibles. Ces déperditions de N du fumier peuvent engendrer des émissions de N_2O (Équation A3.4–10 et Équation A3.4–11).

Dans le cas des secteurs des Bovins laitiers et des Porcs, l'introduction d'une série chronologique de gestion des fumiers qui prend en considération une plus grande variété de conditions de stockage du fumier entraîne des changements dans la fraction du N du fumier qui est perdue pendant la période de déclaration (Tableau A3.4–27). Un passage des systèmes de stockage de fumier solide à des systèmes de stockage du fumier liquide, une augmentation du nombre de systèmes de stockage du fumier couverts et, dans le cas du secteur des Bovins laitiers, un changement dans le temps passé dans le pâturage ont entraîné une diminution de la proportion de N total perdu dans l'environnement au fil du temps. En l'absence de facteurs propres au pays pour la composante NO_X de $Frac_{GasGF}$ pour les Bovins laitiers et les Porcs, les pertes d'oxyde nitrique dues au stockage du fumier ont été estimées séparément à l'aide des coefficients d'émission de Niveau 1 figurant dans le Chapitre 3 de la partie B du document *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* (AEE, 2019).

Équation A3.4–10

$$N_2O_{G(gf)} = \sum_i \sum_{SGF} \left(N_{i,T} \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T} \times Frac_{GazSG(T,SGF)}\right) \times CE_4 \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{G(gf)}$ = émissions indirectes de N_2O imputables à la volatilisation de NH_3 pour la gestion des fumiers, sauf les émissions imputables à l'urine et au fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, kg N_2O année^{-1}

$N_{i,T}$ = population de la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage dans la province i

$N_{i,SGF}$ = pourcentage de N provenant de fumier traité par chaque SGF dans la province i, fraction (voir le Tableau A3.4–18)

$N_{EX,T}$ = taux d'excrétion de N pour la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage (voir le Tableau A3.4–23 pour les bovins et le Tableau A3.4–25 pour les animaux autres que les bovins), kg N animal^{-1} année^{-1}

$Frac_{GazSG\ (T,SGF)}$ = fraction de N de fumier géré pour la catégorie d'animaux d'élevage T qui volatilise en tant que NH_3 et NO_X dans le système de gestion des fumiers SGF (voir le Tableau A3.4–27 et le Tableau A3.4–28)

CE_4 = coefficient d'émission résultant du dépôt atmosphérique de N (voir le Tableau A3.4–26)

$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Équation A3.4–11

$$N_2O_{L(gf)} = \sum_i \sum_{SGF} \left(N_{i,T} \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T} \times Frac_{LessSG(T,SGF)}\right) \times CE_5 \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{L(gf)}$ = émissions indirectes de N_2O imputables au lessivage et au ruissellement de la gestion des fumiers, sauf les émissions imputables à l'urine et au fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, kg N_2O année^{-1}

$N_{i,T}$ = population de la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage dans la province i

$N_{i,SGF}$ = pourcentage de N provenant de fumier traité par chaque SGF dans la province i, fraction (voir le Tableau A3.4–18)

$N_{EX,T}$ = taux d'excrétion de N pour la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage (voir le Tableau A3.4–23 pour les bovins, le Tableau A3.4–24 pour les porcs et le Tableau A3.4–25 pour tous les autres animaux), kg N animal^{-1} année^{-1}

$Frac_{LessSG(T,SGF)}$ = fraction de pertes de N de fumier géré pour les bovins laitiers (voir le Tableau A3.4–28), les porcs (voir le Tableau A3.4–29) et les autres animaux (voir le Tableau A3.4–27) pour la catégorie T des animaux d'élevage, attribuables au lessivage et au ruissellement durant le stockage du fumier sous forme solide et liquide, SGF

CE_5 = coefficient d'émission associé au lessivage et au ruissellement de N, 0,0075 kg N_2O-N (kg N lessivage/ruissellement) $^{-1}$ (GIEC, 2006)

$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Tableau A3.4–26 Application des CE_4 tirés de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, par écozone

Écozone	CE_4 kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_X-N volatilisé)$^{-1}$
Taïga des plaines	0,005
Bouclier boréal	0,014
Maritime de l'Atlantique	0,014
Plaines à forêts mixtes	0,014
Plaines boréales	0,005
Prairies	0,005
Maritime du Pacifique	0,014
Cordillère montagnarde	0,005

Notes :
Les écozones représentent un niveau du Cadre écologique national pour le Canada.
Les valeurs sont tirées du Tableau 11.3 de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, volume 4, Chapitre 11.

Tableau A3.4–27 Pertes totales de N, de NH_3-N et de NO_X-N associées à divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers

Catégorie d'animaux	Système de gestion des fumiers	$Frac_{(PerteSG,T)}$ (%)[a]	Perte de NH_3-N et de NO_X-N (%)[a, b, c] ($Frac_{GazSG,T}$)
Bovins non laitiers	Liquide	40 (15–45)	40 (15–45)
	Stockage de fumier solide	40 (20–50)	30 (20–50)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)
Moutons, agneaux, lamas, alpagas	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)
Chèvres et chevaux	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)
Élans et chevreuils	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Sangliers	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Renards	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Visons	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Lapins	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Mules et ânes	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Volaille	Liquide	50	50
	Stockage de fumier solide	53 (20–80)	48 (10–60)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)

Notes :
a. Les chiffres entre parenthèses indiquent une plage de valeurs.
b. Sources de données : Hutchings et al. (2001); EPA des États-Unis (2004); Rotz (2004).
c. Les pertes par lessivage des pâturages, des grands parcours et des enclos sont déclarées sous les émissions indirectes de N_2O des sols agricoles, et sont calculées à l'aide des mêmes paramètres que pour l'épandage de fumier azoté sur les sols agricoles.

Tableau A3.4–28 Pertes totales de N, de NH_3-N et de NO_X-N associées aux systèmes de gestion des fumiers des bovins laitiers

Année	$Frac_{(PerteSG,T)}$ (%)			Perte par lessivage (%) ($Frac_{LessSG,T}$)			Perte de NH_3-N et de NO_X-N (%) ($Frac_{GazSG,T}$)		
	Liquide	Solide	Autre[a]	Liquide	Solide	Autre	Liquide	Solide	Autre
1990	12	23	0	0	3	0	11	17	0
2005	13	23	37	0	3	7	12	17	23
2018	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2019	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2020	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2021	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2022	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2023	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2024	10	23	35	0	3	5	8	17	24

Note :
a. Pour la catégorie des Bovins laitiers, « Autre » se rapporte uniquement au compostage de fumier solide.

Tableau A3.4–29 **Pertes totales de N, de NH_3-N et de NO_X-N associées aux systèmes de gestion des fumiers des porcs**

Année	$Frac_{(PerteSG,T)}$ (%)		Perte par lessivage (%) ($Frac_{LessSG,T}$)		Perte de NH_3-N et de NO_X-N (%) ($Frac_{GazSG,T}$)	
	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide
1990	22	31	0	3,3	21	24
2005	23	31	0	3,3	21	23
2018	20	30	0	2,9	18	23
2019	20	30	0	2,9	18	23
2020	20	30	0	2,9	18	23
2021	20	30	0	2,9	18	23
2022	20	30	0	2,9	18	23
2023	20	30	0	2,9	18	23
2024	20	30	0	2,9	18	23

A3.4.5. Émissions de N_2O des sols agricoles

Les émissions de N_2O des sols agricoles résultent d'apports anthropiques de N et empruntent des voies directes et indirectes. Les émissions directes proviennent (1) de l'ajout de N organique et inorganique dans les sols, (2) du travail des sols organiques, et (3) de l'irrigation et des voies indirectes, soit 1) la volatilisation des engrais azotés inorganiques et des fumiers azotés sous forme de NH_3 et de NO_X, et de leur dépôt subséquent, soit 2) le lessivage et le ruissellement de N.

L'azote est distribué dans le paysage selon la procédure suivante : 1) des taux d'application de N propres à la région sont calculés pour chaque type de culture en fonction de la classe de sol moyenne pondérée; 2) l'exigence totale en N est calculée pour chaque écodistrict en fonction du type de culture et de sa distribution; 3) la quantité de N de fumier disponible est calculée en fonction de la population d'animaux d'élevage dans chaque écodistrict; 4) la quantité de N de biosolides humains disponible est calculée et est associée à des types de culture particuliers; 5) le N organique (fumier + biosolides) est épandu sur les cultures dans chaque écodistrict, suivi par l'engrais azoté inorganique. La quantité d'engrais azotés est ajustée en fonction des expéditions d'engrais azoté signalées par Statistique Canada.

A3.4.5.1. Émissions directes de N_2O des sols agricoles

Les sources directes d'émissions attribuables aux sols agricoles sont les engrais azotés inorganiques, les engrais azotés organiques, l'urine et le fumier déposés sur les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux au pacage, les résidus de culture, et la minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol et à la culture du sol organique. Les pratiques de travail du sol et l'irrigation peuvent également influer sur les émissions de N_2O attribuables aux sols. Les coefficients d'émission de N_2O, pour la plupart des sources d'émissions directes, sont particuliers aux pays et tiennent compte des effets des régimes d'humidité, de l'emplacement du paysage, de la texture du sol, des systèmes de culture et des sources de N sur les taux de production et d'émission de N_2O. La méthode décrite dans la présente section est conforme à l'approche décrite dans Liang et al. (2020), mais elle a été modifiée en fonction des commentaires des experts de la communauté scientifique canadienne.

L'approche consiste à déterminer un coefficient d'émission de base (CE_Base) pour chacun des 405 écodistricts[8], en utilisant les données à long terme sur les précipitations pendant la saison de croissance. Ce coefficient est ensuite modifié pour tenir compte des pratiques et des conditions propres au site. Chaque CE_Base a été établi selon les données sur les valeurs climatologiques normales à long terme et les caractéristiques topographiques (Équation A3.4–12).

Équation A3.4–12

$$CE_Base_i = [CE_CT_{i,P=EP} \times F_{TOPO,i} + CE_CT_{i,P} \times (1 - F_{TOPO,i})] \times CR_TX_i$$

CE_Base_i	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour l'écodistrict i, tenant compte des régimes d'humidité, des conditions topographiques et de la texture des sols, kg N_2O-N kg N^{-1} année^{-1}
$CE_CT_{i,P}$	=	coefficient d'émission, estimé à un P réel dans un écodistrict i, kg N_2O-N kg N^{-1})
$CE_CT_{i,P=EP}$	=	coefficient d'émission, estimé à P = EP, dans un écodistrict i, kg N_2O-N kg N^{-1}
$F_{TOPO,i}$	=	fraction de la superficie de l'écodistrict i dans la toposéquence inférieure (Liang et al., 2020)
P	=	précipitations moyennes à long terme, du 1er mai au 31 octobre, dans l'écodistrict, mm
EP	=	évapotranspiration potentielle moyenne à long terme, du 1er mai au 31 octobre dans l'écodistrict, mm
CR_TX_i	=	coefficient de rapport pondéré de la texture du sol sur les émissions de N_2O, pour l'écodistrict i

8 « Écodistrict » représente un niveau dans le cadre écologique national du Canada. Le pays comprend 1027 écodistricts, chacun caractérisé par un assemblage distinctif de relief, de formes de relief, de géologie, de sols, de végétation, de plans d'eau et de faune.

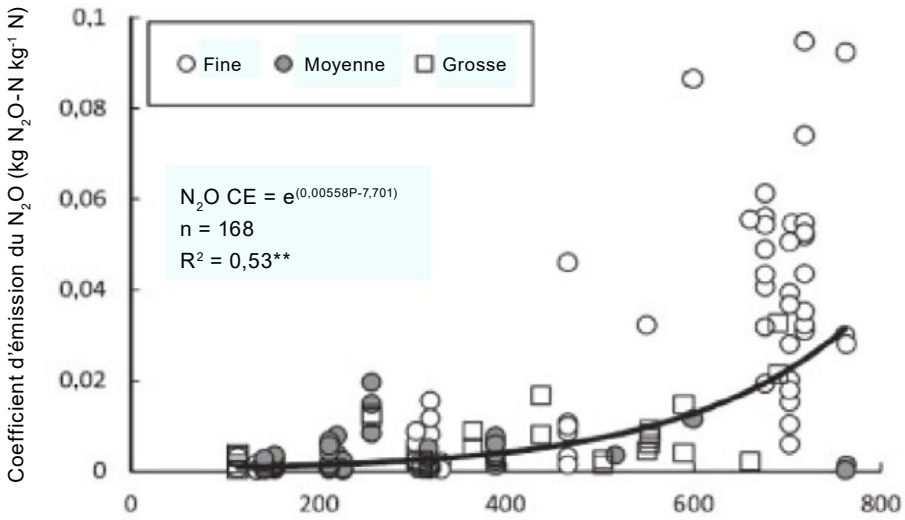
Coefficient d'émission de N_2O de base (CE_Base)

L'oxyde nitreux du sol étant principalement produit lors de la dénitrification, il est donc fortement influencé par l'état de l'oxygène dans le sol. De fait, il a été montré que dans des conditions limitées d'humidité, les coefficients d'émission de N_2O augmentent avec la quantité de pluie (Dobbie et al., 1999), et des coefficients d'émission variables selon le climat ont été utilisés pour estimer le N_2O présent dans le sol (Flynn et al., 2005). Cette même méthode a été utilisée pour estimer les coefficients d'émission à l'échelle de l'écodistrict, en fonction des précipitations (P) à long terme de la saison de croissance du 1er mai au 31 octobre (Figure A3.4–5). La base de données météorologiques archivées d'AAC contient des renseignements sur 958 stations météorologiques. Les données de ces stations (80º00′ N.-41º55′ N., 139º08′ W.-52º40′ W.), situées au Canada (758 stations) et aux États-Unis (200 stations), ont servi à interpoler les valeurs des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre, entre 1981 et 2010, aux centroïdes des écodistricts. Le Service météorologique du Canada d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a fourni les données météorologiques canadiennes.

Les coefficients CE_Base ont été établis selon la même méthode que celle utilisée par Liang et al. (2020). L'élément CE_CT a été estimé à l'aide d'une méthode reposant sur une méta-analyse d'études canadiennes récentes (Rochette et al., 2018). Cette méthode suppose une relation exponentielle entre les coefficients d'émissions et les précipitations pendant la saison de croissance.

Pour les écodistricts dans lesquels la valeur de P/EP est supérieure à 1, l'élément CE_CT a été calculé en utilisant P et les effets topographiques (F_{TOPO}), mais n'a pas été pris en considération dans l'Équation A3.4–12. Pour les écodistricts dans lesquels la valeur de P/EP est inférieure à 1, les effets topographiques ont été pris en considération et chaque CE_CT a été calculé en utilisant P = EP (évapotranspiration potentielle à long terme, de mai à octobre) pour les parties basses du paysage (Liang et al., 2020). Cette condition a été appliquée à différentes fractions des paysages, selon leur type. Les données sur la segmentation des paysages ont été intégrées au calcul des estimations nationales des émissions de N_2O en se basant sur le fait que les émissions de N_2O sont plus élevées dans les parties basses du paysage, où les conditions de sol saturé par intermittence sont propices à la dénitrification (Corre et al., 1996, 1999; Pennock et Corre, 2001; Izaurralde et al., 2004). La fraction du paysage occupée par ces parties basses (F_{TOPO}) a été établie comme représentant les portions concaves du paysage (c'est-à-dire les positions inférieures et dépressionnaires du paysage), où les sols sont probablement régulièrement saturés pendant de longues périodes et où ils sont drainés de façon imparfaite et comportent des marbrures[9] à moins de 50 cm de la surface. MacMillan et Pettapiece (2000) se sont servis de modèles altimétriques numériques pour caractériser l'étendue des portions supérieures, médianes, inférieures et dépressionnaires du paysage ainsi que leurs caractéristiques connexes (pente et longueur). Les résultats obtenus ont ensuite servi à déterminer la répartition proportionnelle des différents éléments du relief (p. ex. les sections inférieures) dans la base de données Pédo-paysages du Canada, qui a servi à établir à quelle proportion du paysage il fallait appliquer la valeur F_{TOPO} pour estimer les émissions de N_2O (Rochette et al., 2008).

Figure A3.4–5 **Coefficient d'émission en fonction des précipitations pendant la saison de croissance (P) dans les sols de texture fine, moyenne et grossière**



9 Les marbrures sont le produit de cycles intermittents d'oxydation et de réduction du fer (en général) présent dans le profil du sol. La présence, la taille et la couleur des marbrures sont des indications des matériaux constitutifs du sol saturé par intermittence pendant des périodes significatives.

Émissions de N_2O hors de la saison de croissance

Dans l'Est du Canada, la mesure sur le terrain des flux de N_2O est réalisée dans des enceintes, généralement lorsqu'il n'y a plus de neige au sol (Gregorich et al., 2005). Dans cette région, les chutes de neige annuelles moyennes varient de 1 m à 4,5 m (Environnement Canada, 2002). Au printemps, la fonte des neiges crée des conditions d'humidité qui stimulent souvent la production de N_2O dans les sols (Grant et Pattey, 1999; Wagner-Riddle et Thurtel, 1998). L'intensité du gel des sols en hiver influe également, semble-t-il, sur le taux d'émission au printemps (Wagner-Riddle et al., 2007). La décision de limiter les estimations d'émission aux périodes exemptes de neige conduit donc à sous-estimer les émissions annuelles totales de N_2O dans cette région. Des émissions de N_2O peuvent également être produites pendant la fonte printanière dans les Prairies, mais elles sont habituellement moins importantes que celles observées dans l'Est du Canada (Lemke et al., 1999). Pelster et al. (2022) ont compilé toutes les données publiées et non publiées comparant les flux de N_2O du sol hors de la saison de croissance avec ceux de la saison de croissance, et ont rapporté une moyenne globale de 64,54 % d'émissions de N_2O du sol qui ont été produites pendant la saison de croissance au Canada. Un coefficient de rapport (CR_EHS) de 1/0,645 a donc été utilisé pour modifier la valeur de CE_Base afin d'estimer les émissions annuelles.

Texture du sol et émissions de N_2O

La texture du sol n'influe pas directement sur la production de N_2O dans le sol. Il existe toutefois une corrélation entre ce paramètre et divers autres paramètres physiques et chimiques qui influent sur la production et le transport du N_2O dans le profil du sol (Arrouays et al., 2006; da Sylva et Kay, 1997; Minasny et al., 1999). Ainsi, une corrélation entre les variables liées à la texture du sol et les émissions de N_2O des sols agricoles est souvent observée (Hénault et al., 1998; Corre et al., 1999; Chadwick et al., 1999; Bouwman et al., 2002a; Freibauer, 2003).

L'incidence de la texture du sol sur les émissions de N_2O des sols agricoles a été prise en compte dans le coefficient d'émission par l'utilisation d'un rapport (CR_TX) correspondant au rapport des émissions de N_2O de sols appartenant à une classe de texture donnée sur la moyenne des émissions des sols de toutes les classes de texture (Équation A3.4–13). Liang et al. (2020) ont rapporté un CR_TX de 0,49 pour les sols de texture grossière et moyenne, et de 2,55 pour les sols de texture fine. À la lumière d'une publication récente comprenant des données micro-météorologiques à long terme sur un site du sud de l'Ontario dont les sols sont de texture moyenne (Baral et al., 2022) et d'un examen scientifique réalisé par des scientifiques d'AAC, l'approche a été modifiée pour appliquer les coefficients de rapport de 0,49, 1,0 et 2,55 à l'échelle nationale aux sols de texture grossière, moyenne et fine, respectivement, car il a été établi que les divers sols de texture moyenne n'étaient pas tous représentés dans les données de la littérature.

Équation A3.4–13

$$CR_TX_i = \sum_i \left(CR_TX_j \times FR_TX_{i,j}\right)$$

CR_TX_i	=	coefficient de rapport pondéré de la texture du sol pour les émissions de N_2O dans un écodistrict i
CR_TX_j	=	coefficient de rapport des émissions de N_2O pour les sols à texture j (c.-à-d. grossière, moyenne ou fine) dans un écodistrict i
$FR_TX_{i,j}$	=	fraction des sols à texture j, dans un écodistrict i

Engrais azotés organiques

Les émissions de N_2O des sols provenant de sources de N organique comprennent les émissions dues à l'épandage sur les sols agricoles de boues d'épuration (biosolides) et de fumier stocké sous forme sèche, solide et liquide et selon d'autres systèmes de gestion des déchets. Une méthode de Niveau 2 et des coefficients d'émissions propres au Canada ont été utilisés pour estimer des émissions de N_2O attribuables aux engrais azotés organiques.

Équation A3.4–14

$$N_2O_{NO} = \sum[F_{NO(i,m)} \times (CE_Base_i \times CR_EHS \times CR_SN_{k=NO,m} \times CR_SC_m)] \times 44/28$$

N_2O_{NO}	=	émissions provenant d'engrais azotés organiques épandus sur les terres cultivées, kg N_2O an^{-1}
$F_{NO(i,m)}$	=	azote organique (comme les biosolides et le fumier) sous forme d'engrais azotés épandus sur les terres cultivées dans l'écodistrict i, pour chaque système de culture m, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, kg N an^{-1}
CE_Base_i	=	coefficient d'émission moyen pondéré pour un écodistrict i, décrit dans l'Équation A3.4–12, kg N_2O-N kg N^{-1} an^{-1}
CR_EHS	=	coefficient de rapport de 1/0,645 pour les émissions de N_2O hors de la saison de croissance, sans unité
$CR_SN_{k=NO,m}$	=	coefficient de rapport pour une source de N, pour une source de N organique k=NO, dans un système de culture m, comme décrit dans le Tableau A3.4–30, sans unité
CR_SC_m	=	coefficient de rapport pour un système de culture, m (annuel ou pérenne), comme décrit dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$44/28$	=	facteur de conversion de N_2O-N en N_2O

Tableau A3.4–30 **Coefficients de rapports du N_2O dans les sols pour les systèmes de culture et les sources de N**

Système de culture (SC)	CR_SC[a]	Source de N (SN)	CR_SN[a]
Annuel	1,00	Engrais inorganiques (NI)	1,00
Annuel	1,00	Engrais organiques (NO)	0,84
Annuel	1,00	Résidus de culture (NRC)	0,84[b]
Pérenne	0,19	Engrais inorganiques (NI)	1,00
Pérenne	0,19	Engrais organiques (NO)	1,00
Pérenne	0,19	Résidus de culture (NRC)	1,00

Notes :
a. Source : Liang et al. (2020), sauf si indiqué autrement.
b. Modifications fondées sur les observations d'experts.

Azote de fumier

La méthodologie utilisée se fonde sur la quantité de N du fumier produit par les animaux d'élevage (section A3.4.4.1) et sur la valeur de CE_Base propre au pays, en prenant en considération les conditions topographiques et le régime d'humidité au niveau de l'écodistrict. Le fumier a été attribué aux cultures de manière préférentielle, selon une version modifiée de la méthode employée par Yang et al. (2011), afin de mieux refléter les pratiques et d'assurer une cohérence dans la méthode de répartition du fumier utilisée dans des indicateurs environnementaux au Canada. Les estimations des émissions de N_2O attribuables à cette source ont été calculées à l'aide de l'Équation A3.4–14, en combinaison avec d'autres sources de N organique.

La quantité de fumier animal épandu comme engrais à l'échelle d'un écodistrict a été calculée à l'aide de l'Équation A3.4–15. Il a été supposé que tout le fumier, à l'exclusion du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, était épandu sur des terres cultivées.

Équation A3.4–15

$$F_{NO=Nfum,i} = \sum_i \left(N_{T,i} \times N_{EX(T)}\right) \times \left(1 - N_{PGPE(T)}\right) \times \left(1 - Frac_{PerteSG(T,i)}\right)$$

$F_{NO,i=\,Nfum,i}$ = azote de fumier (Nfum) épandu comme engrais azotés organiques sur les sols agricoles, dans un écodistrict i, kg N an^{-1}

$N_{T,i}$ = population de la catégorie ou la sous-catégorie d'animaux T, dans un écodistrict i

$N_{EX(T)}$ = taux d'excrétion de N de la catégorie ou la sous-catégorie d'animaux (Tableau A3.4–23, Tableau A3.4–24 et Tableau A3.4–25), kg N $animal^{-1}$ an^{-1}

$N_{PGPE(T)}$ = fraction de N du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux T, par province (voir le Tableau A3.4–18)

$Frac_{PerteSG(T,i)}$ = fraction des pertes de N du fumier durant l'entreposage et la manutention (volatilisation, lessivage, etc.), pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux T, à l'exclusion des pâturages, des grands parcours et des enclos, dans un écodistrict i (Tableau A3.4–27, Tableau A3.4–28 et Tableau A3.4–29)

Les sources de données sur la population d'animaux sont détaillées à la section A3.4.1. Les populations provinciales annuelles d'animaux d'élevage pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux sont réparties dans les écodistrict selon les données sur la distribution des populations d'animaux d'élevage du RDA. Entre deux années de recensement consécutives, les proportions à l'échelle de l'écodistrict sont interpolées.

Azote émanant des biosolides

Les données sur la production et la gestion des biosolides ont été tirées d'un rapport demandé par Environnement et Changement climatique Canada (Cheminfo Services Inc., 2017). L'ensemble de données a été généré au moyen d'une combinaison d'enquêtes menées par téléphone et de rapports produits par les services municipaux de traitements des eaux usées dans 33 régions métropolitaines de recensement (RMR) et par divers services ou ministères de l'environnement municipaux et provinciaux du pays. Les données ont été compilées aux cinq ans (1990–2015) et présentaient des lacunes et des incohérences en raison de l'absence d'une information de gestion complète et de changements dans les règlements provinciaux sur les biosolides. Néanmoins, ce rapport est la seule source connue de données pour l'analyse quantitative des biosolides à l'échelle nationale.

Les données sur la production de biosolides ont été produites par une série d'étapes analytiques (Figure A3.4–6, Tableau A3.4–31). Une méthode fondée sur le nombre d'habitants à l'échelle provinciale a d'abord été construite afin d'établir une « production de biosolides de référence ». Pour cela, il a été présumé que la production était directement proportionnelle à la population de l'aire géographique. Différentes applications à distribution spatiale des estimations de la population de Statistique Canada ont été évaluées en vue de déterminer les données qui conviendraient le mieux. Les estimations de la population utilisées pour les tests étaient les suivantes : populations des RMR, populations regroupées des RMR et populations provinciales. À la suite d'une analyse de régression, la méthode fondée sur la population provinciale a été

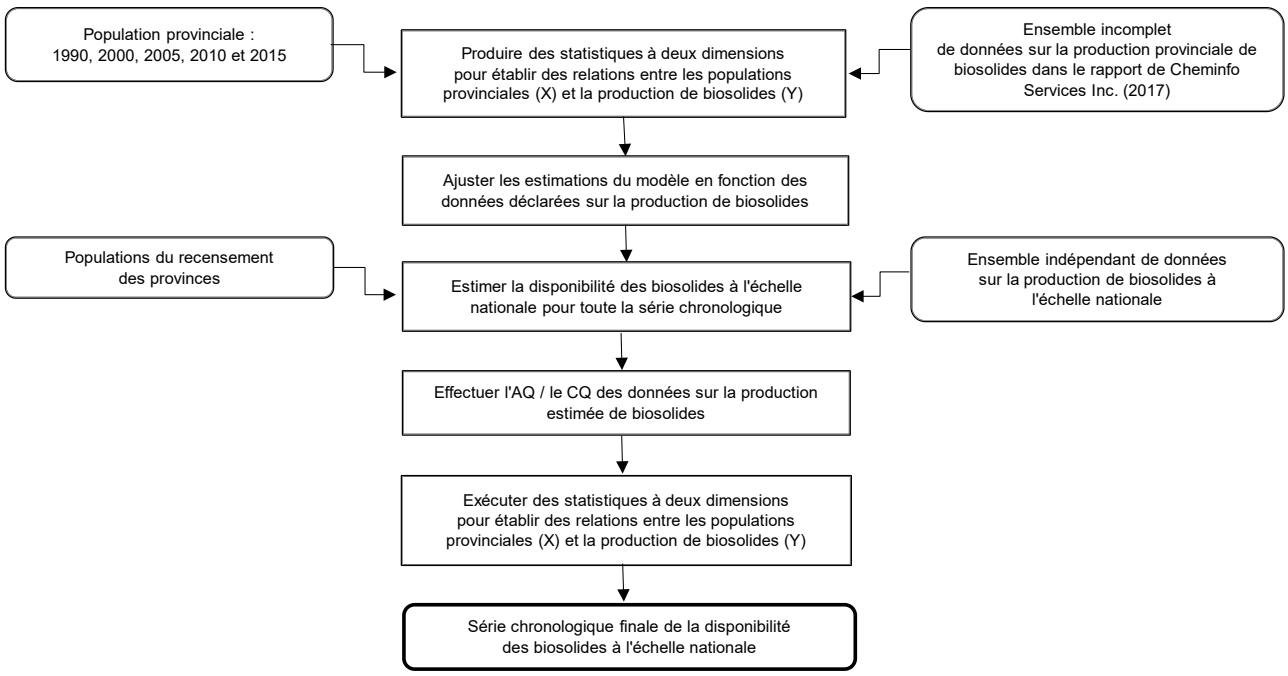
choisie, en raison de la force des coefficients de corrélation. Heureusement, les données produites au moyen de cette méthode n'étaient pas très différentes des données déclarées durant les années pendant lesquelles Cheminfo Services Inc. (2017) recueillait les données. En conséquence, la production annuelle uniformisée de biosolides des provinces a été calculée en utilisant la méthode linaire. Pour l'Î.-P.-É., les estimations annuelles de la production de biosolides ont été élaborées en se basant sur l'avis d'experts et en utilisant une moyenne nationale par personne (22,5 kg personne^{-1} an^{-1}). Cette analyse a créé une série chronologique complète de la production des biosolides à l'échelle provinciale.

Ensuite, les taux régionaux d'épandage de biosolides (tonnes sèches) sur les terres ont été calculés, à partir des proportions déclarées dans le rapport de Cheminfo Services Inc. (2017), ajustées pour correspondre à la réglementation et aux restrictions fédérales et provinciales et aux règlements municipaux (Tableau A3.4–31). Au niveau fédéral, la réglementation imposée par le CCME a été appliquée. Après cela, les restrictions provinciales basées sur la valeur en nutriments des biosolides et toutes restrictions relatives à la fréquence de l'épandage de biosolides sur les terres ont été intégrées (Tableau A3.4–31).

Tableau A3.4–31 **Sources de données utilisées pour déterminer la production annuelle de biosolides et leurs caractéristiques à l'échelle provinciale**

Catégorie	Source des données	Notes/Commentaires
Production de biosolides	Cheminfo Services Inc. (2017)	Données d'enquête sur la production de biosolides et les fractions qui sont enfouies, incinérées, épandues et utilisées pour la remise en état des terres
Population des RMR	https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710013501&request_locale=fr	Statistique Canada. Estimations de la population, 1er juillet, selon la région métropolitaine de recensement et l'agglomération de recensement, limites de 2016
Populations provinciales	https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F	Statistique Canada. Profil du recensement, Recensement de 2016
Réglementation fédérale et provinciale	CCME (2010)	CCME. Un examen de l'actuel cadre législatif des biosolides municipaux au Canada
Biosolides – fractions par procédé de digestion	Cheminfo Services Inc. (2017)	Travaux ordonnés par la Colombie-Britannique
	Hydromantis Ltd. (2007). Logiciel GPS-X 5.0. Simulateur à usage général - paramètres par défaut	
	Environmental Dynamics Inc. (2017). Beneficial Reuse of Biosolids Jurisdictional Review	
Teneur en nutriments des biosolides selon divers procédés de digestion et de traitement	Dad et al. (2018)	S.O.

Figure A3.4–6 **Présentation schématique détaillée des procédures et sources de données utilisées pour déterminer la série chronologique de la production provinciale de biosolides**



Les biosolides sont typiquement traités par diverses méthodes de digestion et de décomposition dans des usines de traitement des eaux usées avant d'être épandus. Ces méthodes ont d'importantes implications sur la valeur en nutriments des biosolides et influencent donc le potentiel d'émission lors de l'épandage. En conséquence, pour l'étape finale, les résultats d'enquêtes et d'analyse de la littérature ont été utilisés pour identifier les processus de digestion majeurs et les estimations de Dad et al. (2018) ont été utilisées pour établir la valeur en nutriments des biosolides.

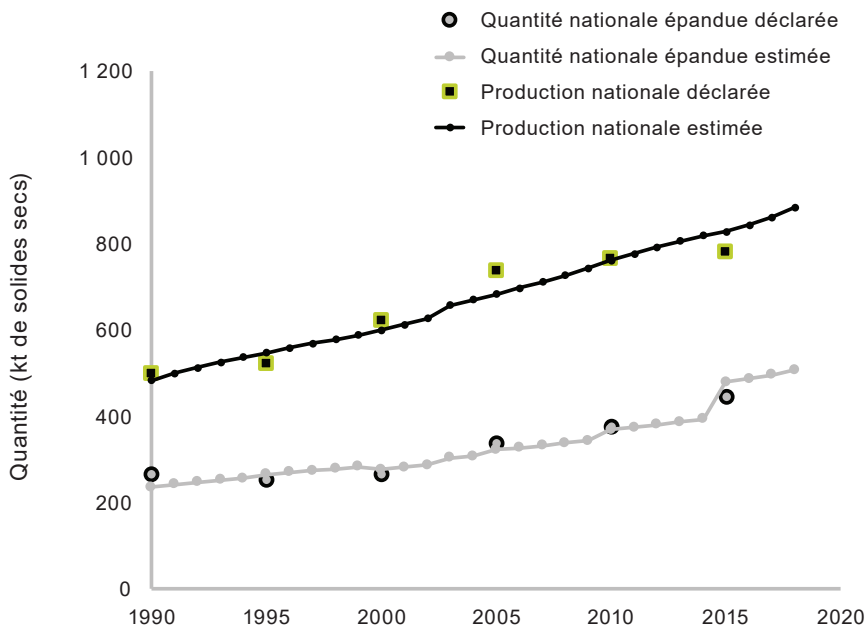
Contrôle de la qualité et assurance de la qualité

Pour les données sur la production, le contrôle de la qualité a été effectué aux niveaux provincial et national. Pour vérifier la validité de nos données, les valeurs estimées ont été comparées à des points de données indépendants disponibles dans la littérature et obtenues d'autres sources de données au niveau national. Les données reflétaient de manière raisonnable le volume de production des biosolides au niveau provincial et représentaient les changements survenus certaines années au niveau des règlements provinciaux (Tableau A3.4–32). Au niveau national, les données correspondaient bien aux chiffres nationaux (Figure A3.4–7).

Tableau A3.4–32 **Comparaison entre les données sur la production estimée de biosolides et les chiffres déclarés par des RMR individuelles et provinciales**

Emplacement	Production déclarée (kt)	Production estimée (kt)	% écart	Année	Source
RMR de Calgary, AB	20,5	23	12,2	annuellement	EDI (2017)
Ville d'Edmonton, AB	18	15,6	13,33	1990 à 2004	Ville d'Edmonton (2012)
RMR d'Halifax, NS	30	13	56,67	depuis 2014	EDI (2017)
Ville de North Battleford, SK	3,5	0,6	82,86	2003 et 2004	EDI (2017)
Ville de Toronto, ON	55	64	16,36	depuis 2007	AECOM (2009)
Ville de Kelowna, BC	36,4	3,7	89,84	depuis 2006	EDI (2017)

Figure A3.4–7 **Production nationale de biosolides (kt de solides secs) par rapport à la production totale estimée de biosolides**



Allocation des biosolides aux écodistricts et cultures

La quantité de biosolides utilisés comme engrais au niveau d'un écodistrict a été calculée au moyen de l'Équation A3.4–16. La population humaine a été utilisée comme valeur substitutive pour attribuer à l'échelle spatiale des écodistricts les biosolides azotés épandus sur les terres dans les provinces. Afin d'éviter un surépandage de N dans un écodistrict, une procédure de corrélation a été mise en œuvre pour coordonner l'épandage de fumier et de biosolides avec les taux d'épandage recommandés pour les cultures, par écodistrict. Tout d'abord, la quantité totale de fumier azoté au sein de chaque écodistrict a été soustraite de la quantité totale de N requise pour la croissance des cultures, et comparée à la quantité de biosolides azotés allouée initialement à l'écodistrict. Dans les cas où les biosolides azotés excédaient les quantités de N requises restantes, la quantité requise a été épandue et l'excès de N a été alloué à d'autres écodistricts de la province. Ensuite, les biosolides azotés ont été épandus sur certaines cultures au sein de chaque écodistrict conformément à la réglementation provinciale, aux règlements municipaux et aux règlements intérieurs limitant l'épandage de biosolides. La quantité de biosolides azotés attribuée à chaque culture dans un écodistrict donné a ensuite été soustraite des exigences initiales en azote de la culture, et les paramètres modifiés ont été utilisés pour distribuer le fumier azoté aux cultures, selon la méthode d'épandage du fumier.

Équation A3.4–16

$$F_{NO=NB,i} = \sum_{i} \left[Prod_p \times Frac_{TERRES,p} \times Frac_{POP,i} \times \sum (TN_r \times Frac_{TYPE(r,p)}) \times Frac_{CULT(i,m)} \right]$$

$FNO{=}NB_{,i}$	=	azote des biosolides (NB) épandus en tant qu'engrais azoté organique sur les terres cultivées, dans l'écodistrict i, kg N an^{-1}
$Prod_p$	=	production de biosolides dans une province p, kg
$Frac_{TERRES,p}$	=	fraction des biosolides provinciaux qui est épandue sur les terres dans une province p, sans unité
$Frac_{POP,i}$	=	fraction de la population humaine provinciale dans chaque écodistrict i, sans unité
TN_r	=	teneur totale en azote (%) par type de biosolides r, pourcentage
$Frac_{TYPE(r,p)}$	=	fraction de chaque type de traitement des biosolides r, dans une province p, sans unité
$Frac_{CULT(i,m)}$	=	fraction de N des biosolides épandus sur un type de culture m, dans un écodistrict i

Engrais azotés inorganiques

La méthode pour estimer les émissions de N_2O résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles tient compte des régimes d'humidité ainsi que des conditions topographiques locales. Les émissions de N_2O par écodistrict sont estimées au moyen de l'Équation A3.4–17. Les estimations des émissions provinciales et nationales sont obtenues en additionnant les estimations par écodistrict.

Équation A3.4–17

$$N_2O_{ESA} = \sum_{i} \left([N_{ENG(i,m)} \times (CE_Base_i \times CR_EHS_i \times CR_SN_{k=IN,m} \times CR_SC_m \right) \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{ESA}	=	émissions provenant des engrais azotés inorganiques, kg N_2O an^{-1}
$N_{ENG(i,m)}$	=	engrais azoté inorganique dans un écodistrict i appliqué à un système de culture m, comme décrit dans le Tableau A3.4–30, kg N an^{-1}
CE_Base_i	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, décrite dans Équation A3.4–12, kg N_2O-N kg N^{-1} an^{-1}
CR_EHS_i	=	coefficient de rapport de 1/0,645 pour les émissions de N_2O des sols hors de la saison de croissance, sans unité
$CR_SN_{k=IN,m}$	=	coefficient de rapport pour une source de N, pour une source de N inorganique k=IN, dans un système de culture m, comme décrit dans le Tableau A3.4–30, sans unité
CR_SC_m	=	coefficient de rapport pour un système de culture, m (annuel ou pérenne), comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$44/28$	=	facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Les données sur les expéditions d'engrais azotés inorganiques sont disponibles par province seulement (Statistique Canada, s.d. [h], Statistique Canada, s.d. [i]) et ont été réparties par écodistrict. L'approche utilisée (Équation A3.4–18) suppose que la quantité d'engrais azotés inorganiques épandue (N_{APPL}) est égale à la différence entre les taux de N recommandés (N_{RCMD}) et le N organique disponible pour être épandu sur des terres cultivées ($N_{NO,TC}$).

Équation A3.4–18

$$N_{APPL,i} = N_{RCMD,i} - N_{NO,TC,i}$$

$N_{APPL,i}$	=	quantité totale d'engrais azotés potentiellement épandus dans un écodistrict i, kg N an^{-1}
$N_{RCMD,i}$	=	épandage recommandé d'engrais dans un écodistrict i, kg N an^{-1}
$N_{NO,TC,i}$	=	N provenant d'azote organique épandu sur les cultures dans un écodistrict i, kg N an^{-1}

L'élément N_{RCMD} a été estimé comme la somme des produits de chaque type de culture et du taux recommandé d'épandage d'engrais pour cette culture dans un écodistrict (Équation A3.4–19) (Yang et al., 2007) :

Équation A3.4–19

$$N_{RCMD,i} = \sum_{ij} (SCULT_{ij} \times N_{TREC,ij})$$

$N_{RCMD,i}$ = épandage recommandé d'engrais dans l'écodistrict i, kg N an^{-1}
$SCULT_{ij}$ = superficie du type de culture j dans un écodistrict i, ha
$N_{TREC,ij}$ = taux recommandé d'épandage annuel de N pour le type de culture j dans un écodistrict i, kg N ha^{-1} an^{-1}

Parce qu'il faut réconcilier la quantité possible d'engrais avec la quantité totale vendue dans la province (N_{VENTES}) pour estimer la quantité réelle épandue (N_{ENG}), N_{APPL} est corrigé dans chaque écodistrict comme suit (Équation A3.4–20) :

Équation A3.4–20

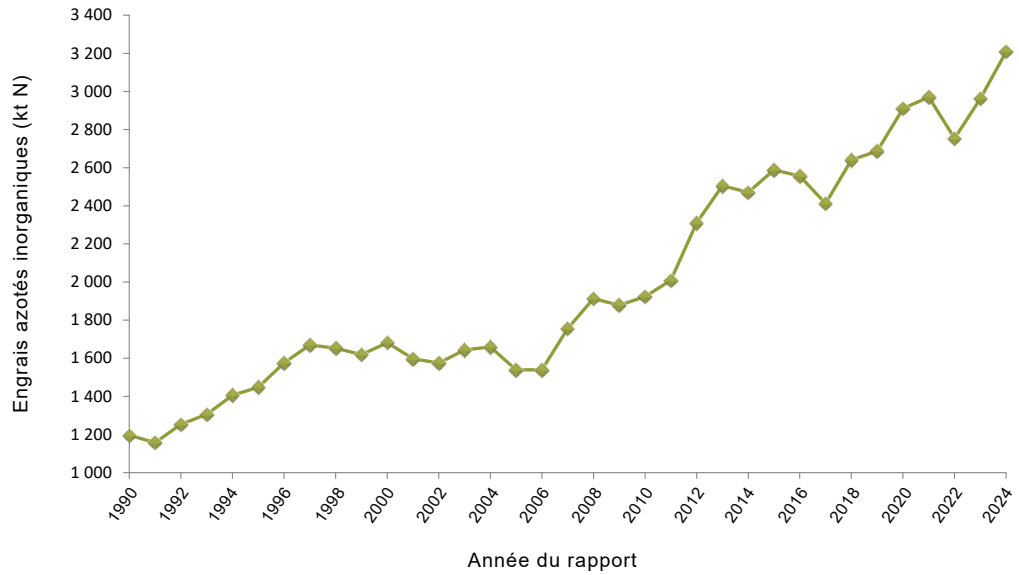
$$N_{ENG,i} = N_{APPL,i} \times \left[\frac{N_{VENTES,p}}{\sum_i^n N_{APPL,i}} \right]$$

$N_{ENG,i}$ = quantité totale d'engrais azotés effectivement épandus sur l'ensemble des cultures dans un écodistrict i, kg
$N_{VENTES,p}$ = quantité totale d'engrais azotés vendue dans une province p, kg
$\sum_i^n N_{APPL,i}$ = quantité totale d'engrais azotés potentiellement épandus sur l'ensemble des cultures dans tous les écodistricts à l'intérieur d'une province, kg

Pour les années situées entre deux années de recensement (les années de recensement étaient 1991, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016 et 2021), l'élément N_{RCMD} a été interpolé de façon linéaire afin d'estimer successivement les valeurs annuelles de N_{APPL} et de N_{ENG} à l'échelle de l'écodistrict. La consommation d'engrais azotés inorganiques au Canada a beaucoup augmenté depuis 1990, passant de 1,2 Mt à 3,0 Mt de N, principalement en raison de l'intensification des systèmes de culture de 1991 à 1997 et de la conversion accrue des culturelles pérennes aux cultures annuelles, laquelle est attribuable aux prix avantageux des céréales depuis 2007 (Figure A3.4–8).

De 1990 à 2002, AAC a recueilli des données sur la consommation annuelle d'engrais azotés à l'échelon provincial et publié un rapport pour chaque année, intitulé *Consommation, livraison et commerce des engrais au Canada*. De 2003 à 2006, l'Institut canadien des engrais[10] (ICE) a recueilli et publié des données sur les engrais azotés. Enfin, depuis 2007, Statistique Canada recueille et publie chaque année des données sur les expéditions d'engrais (Statistique Canada, s.d. [h]).

Figure A3.4–8 **Expéditions d'engrais azotés inorganiques au Canada, de 1990 à 2024**



10 Disponible en ligne : http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/150213/dq150213f-fra.htm.

Urine et fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux en pacage

Le Canada utilise une méthode qui lui est propre pour estimer les émissions de N_2O provenant de l'urine et du fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux brouteurs. Les coefficients d'émission de N_2O pour tous les types de bovins ont été déterminés à la lumière d'une recherche menée entre 2009 et 2011 sur les vaches laitières de l'Est du Canada et le bœuf d'élevage de l'Ouest du Canada. Les résultats concernant le fumier des bovins laitiers de l'Est du Canada sont disponibles dans Rochette et al. (2014). Quant aux résultats touchant le fumier du bœuf de l'Ouest du Canada, ils sont résumés au Tableau A3.4–33 (Lemke et al., 2012; Lemke et al., 2023). Comparativement au coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les principales catégories de bétail (2 %), les coefficients d'émission étaient 3,2 fois inférieurs dans l'Est du Canada et 46,5 fois inférieurs dans l'Ouest du Canada. Les coefficients d'émission moindres observés dans les Prairies canadiennes, par rapport au climat plus humide de l'Est du Canada, cadrent avec les constatations de Rochette et al. (2008), selon qui le déficit d'humidité (défini comme étant le rapport entre la précipitation et l'évapotranspiration potentielle durant la saison de croissance) constitue un important facteur contribuant aux émissions de N_2O sur les terres cultivées arables du Canada. Pour l'Ontario, le Québec et les provinces de l'Atlantique, les CE de N_2O sont de 0,0078 kg N_2O-N kg N^{-1} pour les sols à texture fine, 0,0062 kg N_2O-N kg N^{-1} pour les sols à texture moyenne et 0,0047 kg N_2O-N kg N^{-1} pour les sols à texture grossière (Rochette et al., 2014). Un CE de N_2O pondéré, basé sur la texture du sol, est calculé pour chaque écodistrict à partir de l'Équation A3.4–13, selon une hypothèse d'excrétion de 75 % de N dans l'urine (Rochette et al., 2014). Dans l'Ouest du Canada, le CE de N_2O est de 0,00043 kg N_2O-N kg N^{-1} (Tableau A3.4–33). Les émissions de N_2O sont calculées selon un coefficient d'émission fixe (Équation A3.4–21).

Équation A3.4–21

$$N_2O_{PGPE} = \sum_{T,i}\left[\left(N_T \times N_{EX,T} \times N_{PGPE,T} \times CE_{PGPE,i}\right)\right] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{PGPE}	=	émissions provenant de l'urine et du fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux en pacage, kg N_2O an^{-1}
$N_{T,i}$	=	population d'animaux de catégorie ou de sous-catégorie T dans un écodistrict i, animaux
$N_{EX,T}$	=	taux annuel d'excrétion de N pour la catégorie ou la sous-catégorie d'animaux T, kg N $animal^{-1}$ $année^{-1}$ (Tableau A3.4–23 et Tableau A3.4–25)
$N_{PGPE,T}$	=	fraction de N de fumier excrétée dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, par catégorie ou sous-catégorie T d'animaux (Tableau A3.4–18)
$CE_{PGPE,i}$	=	coefficient d'émission pour le N de fumier excrété par les animaux dans les pâturages, les grands parcours et les enclos dans l'écodistrict i
$44/28$	=	facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Des renseignements supplémentaires sur les données sur les populations d'animaux et leurs sources sont présentés à la section A3.4.1.

Tableau A3.4–33 **Émissions d'oxyde nitreux attribuables à l'urine et au fumier de bœuf dans les pâturages de l'Ouest du Canada**

Lieu	Traitement	Flux	Taux cible de N	Écart-type	Coefficient d'émission
		kg N ha^{-1}			kg N_2O-N kg^{-1} N
Swift Current, SK	Témoin	0,07		0,04	
	Fumier	0,07	500	0,05	0,000002 ± 0,00003
	Urine	0,79	750	1,56	0,001 ± 0,002
Lacombe, AB	Témoin	0,59		0,33	
	Fumier	0,50	500	0,41	0 ± 0,0002
	Urine	0,72	750	0,58	0,0002 ± 0,0003
Moyenne globale	Fumier				0 ± 0,0001
	Urine				0,0006 ± 0,0012

Note :
Lemke et al., 2023

Décomposition des résidus de récolte

Les transformations (nitrification et dénitrification) du N libéré lors de la décomposition des résidus de récolte laissés sur place rejettent du N_2O dans l'atmosphère. Une méthode de Niveau 2 faisant appel à des coefficients d'émission propres au Canada et semblable à celle utilisée pour les engrais azotés organiques et inorganiques a été employée pour estimer les émissions de N_2O attribuables à la décomposition des résidus de récolte. Cette méthode repose sur l'Équation A3.4–22, l'Équation A3.4–23 et l'Équation A3.4–24. La quantité de N contenue dans les résidus de récolte au sol qui sont brûlés dans les champs à l'échelle provinciale est enlevée de l'estimation des émissions afin d'éviter la comptabilisation en double (voir la section A3.4.7).

Équation A3.4–22

$$N_2O_{RES} = \sum[F_{RES(i,m)} \times (CE_Base_i \times CR_EHS \times CR_SN_{k=NO,m} \times CR_SC_m)] \times 44/28$$

N_2O_{RES} = émissions attribuables à la décomposition des résidus de culture, kg N_2O an^{-1}

$F_{RES(i,m)}$ = quantité totale de N provenant des résidus de culture qui retourne dans les sols d'un écodistrict i, excluant les pertes de N dues au brûlage des résidus, dans un système de culture m, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, kg N an^{-1} (Équation A3.4–23)

CE_Base_i = moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, décrite dans l'Équation A3.4–12, kg N_2O-N kg N^{-1} an^{-1}

CR_EHS = coefficient de rapport de 1/0,645 pour les émissions de N_2O des sols hors de la saison de croissance, sans unité

$CR_SN_{k=NO,m}$ = coefficient de rapport de la source de N, pour une source de N organique k=NO dans un système de culture m, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité

CR_SC_m = coefficient de rapport pour un système de culture m (annuel ou pérenne), comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité

$44/28$ = facteur de conversion de N_2O-N en N_2O

Équation A3.4–23

$$N_2O_{PGPE} = \sum_{T,i}\left[\left(N_T \times N_{EX,T} \times N_{PGPE,T} \times CE_{PGPE,i}\right)\right] \times \frac{44}{28}$$

$F_{RES(i,m)}$ = quantité totale de N provenant des résidus de culture qui retourne dans les sols d'un écodistrict i, pour un système de culture m, excluant les pertes de N dues au brûlage des résidus, kg N an^{-1}

$P_{T,i}$ = production totale du type de culture T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict i, kg de matière sèche (MS) an^{-1} (Équation A3.4–24).

$FRAC_{RENOU,T,i}$ = fraction de la superficie totale cultivée T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict i

$R_{AG,T}$ = rapport entre les résidus en surface et la production récoltée pour une culture T, kg de MS kg^{-1}

$N_{AG,T}$ = teneur en azote des résidus en surface pour une culture T, kg de N kg^{-1} de MS

$R_{BG,T}$ = rapport entre les résidus souterrains et la production récoltée d'une culture T, kg kg^{-1} de MS

$N_{BG,T}$ = teneur en azote des résidus souterrains pour une culture T, kg de N kg^{-1} de MS

Équation A3.4–24

$$P_{T,i} = \frac{A_{T,i} \times Y_{T,i}}{\sum_{i=1}^{n}\left(A_{T,i} \times Y_{T,i}\right)} \times P_{T,p} \times (1 - H_2O_T)$$

$P_{T,i}$ = production totale du type de culture T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict i, kg de MS an^{-1}

$A_{T,i}$ = superficie d'une culture de type T dans un écodistrict i, ha

$Y_{T,i}$ = rendement moyen d'une culture de type T dans un écodistrict i, kg ha^{-1} an^{-1}

$\sum_{i=1}^{n}\left(A_{T,i} \times Y_{T,i}\right)$ = somme de la production totale d'une culture de type T dans l'ensemble des écodistricts de la province

$P_{T,p}$ = production totale d'une culture de type T dans une province p, kg de MS an^{-1}

H_2O_T = teneur en eau d'une culture T, kg kg^{-1}

Statistique Canada recueille et publie des données par province (Statistique Canada, s. d. [g]) sur la production annuelle des grandes cultures : blé, orge, maïs, avoine, seigle, céréales mélangées, graines de lin, canola, sarrasin, graines de moutarde, graines de tournesol, graines de l'alpiste des Canaries, maïs fourrager, betterave à sucre, foin cultivé, pois secs, soya, haricots blancs secs, haricots de couleur, pois chiches et lentilles. La superficie ensemencée et le rendement de chaque culture sont déclarés au niveau de la région du RDA et au niveau provincial, et les rendements ont été attribués aux polygones des pédo-paysages du Canada au moyen de recouvrements de zone effectués par AAC. Les paramètres qui s'appliquent à chaque type de culture sont énumérés par Janzen et al. (2003). Les données de l'enquête de Statistique Canada sont basées sur le RDA; des révisions générales à la série chronologique de l'enquête peuvent donc survenir lorsque les données du recensement sont modifiées en raison d'un raffinage du modèle d'étalonnage d'autres changements. De plus, Statistique Canada révise occasionnellement les données d'enquête à des fins de correction d'erreurs et d'harmonisation avec d'autres statistiques sur l'offre et l'utilisation, telles que les exportations.

Minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol

Le N dans les sols minéraux qui est minéralisé en association avec la déperdition de matière organique du sol à la suite d'une modification des pratiques d'aménagement des terres peut engendrer des émissions supplémentaires de N_2O dans la catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé. Un ratio C/N moyen de 11 avec un écart-type de 1,9 a été obtenu à partir d'une base de données contenant de l'information sur la teneur en carbone organique et en azote de tous les principaux types de sols de la Saskatchewan (environ 600 données). Le ratio C/N dans les sols agricoles est considéré comme uniforme d'une région à l'autre. Les Lignes directrices 2006 du GIEC proposent une fourchette de ratios C/N allant de 8 à 15. Les émissions sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2 avec des coefficients d'émission propres au Canada (voir Équation A3.4–25 et Équation A3.4–26).

Équation A3.4–25

$$F_{MOS,i} = \sum_{AT} [(\Delta C_{Minéral,\,AT} \times 1/R) \times 1000]$$

$F_{MOS,i}$ = quantité annuelle nette de N minéralisé dans les sols minéraux dans un écodistrict i découlant de la déperdition du carbone organique du sol imputable à une modification des pratiques d'aménagement des terres, kg N

$\Delta C_{Minéral,AT}$ = déperdition annuelle moyenne de carbone organique du sol pour chaque pratique d'aménagement des terres (AT), Mg C

R = ratio C/N de la matière organique des sols (11,0 ± 1,9)

Équation A3.4–26

$$N_2O_{FMOS} = \sum_{i} \left(F_{MOS\,i} \times CE_Base_i \times CR_EHS \times CR_SN_{k=NO,m=A} \times CR_SC_{m=A}\right) \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{FMOS} = émissions associées à la déperdition de matière organique du sol imputable à une modification des pratiques d'aménagement des terres, kg N_2O an^{-1}

$F_{MOS,i}$ = quantité annuelle nette de N minéralisé dans les sols minéraux découlant de la déperdition de carbone organique du sol imputable à une modification des pratiques d'aménagement des terres dans l'écodistrict i, kg N

CE_Base_i = moyenne pondérée des coefficients d'émission pour l'écodistrict i, décrite dans l'Équation A3.4–12, kg N_2O-N kg^{-1} N an^{-1}

CR_EHS = coefficient de rapport de 1/0,645 pour les émissions de N_2O des sols hors de la saison de croissance, sans unité

$CR_SN_{k=NO,m=A}$ = coefficient de rapport pour la source de N, pour la source de N organique k=NO dans un système de culture annuel m=A, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité

$CR_SC_{m=A}$ = coefficient de rapport pour un système de culture annuel, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité

$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Les données sur les activités concernant la déperdition de carbone organique du sol au niveau des écodistricts dans toute la série chronologique qui sont déclarées dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé du secteur ATCATF servent à estimer les quantités de N_2O du sol associées à la déperdition de matière organique du sol.

Culture des sols organiques (histosols)

La culture des sols organiques (histosols) destinés à la production de cultures annuelles et de cultures fourragères pérennes produit du N_2O. La méthode de Niveau 1 du GIEC a été utilisée pour estimer les émissions de N_2O imputables aux sols organiques travaillés (Équation A3.4–27 et Tableau A6.5–7).

Équation A3.4–27

$$N_2O_H = \sum_{p} \left(A_{SO,p} \times CE_{HIST}\right) \times \frac{44}{28}$$

N_2O_H = émissions provenant des histosols cultivés, kg N_2O an^{-1}

$A_{so,p}$ = superficie des sols organiques cultivés dans une province p, ha

CE_{HIST} = coefficient d'émission par défaut de 13 et 9,5 kg N_2O-N ha^{-1} an^{-1} a respectivement été utilisé pour les cultures annuelles et les cultures fourragères pérennes (GIEC, 2014)

$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

À l'échelle provinciale, les superficies d'histosols cultivées ne sont pas couvertes par le RDA. Selon des consultations avec de nombreux spécialistes des sols et des cultures dans tout le Canada, la superficie totale des sols organiques travaillés au Canada était de 50 kha (Liang et al., 2004), dont 16 kha utilisés pour la production de cultures annuelles et 34 kha pour la production de cultures fourragères pérennes.

Variations des émissions de N_2O dues à l'adoption de pratiques de réduction ou d'élimination du travail du sol

Cette catégorie est spécifique au Canada. Elle ne découle pas d'un apport additionnel de N (provenant d'engrais, de fumier ou de résidus de culture), mais est plutôt utilisée pour apporter des modifications au CE_Base à cause du passage de méthodes culturales conventionnelles à des pratiques de conservation du sol, à savoir le travail réduit du sol (TRS) et la culture sans labour (CSL) (Équation A3.4–28).

Pour quantifier l'incidence des pratiques de travail du sol sur les émissions de N_2O, un coefficient de rapport (CR_{TS}) correspondant au ratio des flux moyens de N_2O dans les sols cultivés selon les pratiques CSL ou TRS sur les flux moyens de N_2O dans les sols travaillés de façon intensive (TI) (N_2O_{CSL}/N_2O_{TI}) est utilisé (Tableau A3.4–34). La fraction des terres cultivées soumises aux pratiques CSL et TRS ($FRAC_{CSL\text{-}TRS}$) dans chacun des écodistricts a été obtenue à partir du RDA et est identique à celle utilisée dans la catégorie ATCATF des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, en ce qui a trait aux pratiques CSL et TRS (voir la section A3.5.4 sur les terres cultivées, à l'Annexe 3.5). Les données sont publiées à l'échelon de la région agricole du recensement et du secteur de recensement, à l'échelon provincial et à l'échelon national. Les valeurs annuelles de $FRAC_{TS}$ entre deux années de recensement consécutives sont interpolées.

Tableau A3.4–34 **Coefficients de rapports du N_2O pour le travail de conservation du sol, par écozone**

Écozone	CR_{TS}
Taïga des plaines	0,73[a]
Bouclier boréal	1[b]
Maritime de l'Atlantique	1[b]
Plaines à forêts mixtes	1[b]
Plaines boréales	0,73[a]
Prairies	0,73[a]
Maritime du Pacifique	1[b]
Cordillère montagnarde	0,73[a]

Notes :
a. Source : Liang et al. (2020)
b. Modifié de Liang et al. (2020) selon la consultation d'experts de la communauté scientifique canadienne

Équation A3.4–28

$$N_2O_{TS} = \sum_{i,z}\left[(F_i \times FRAC_TS_i)\left(CE_Base_i \times CR_{TS,z} - CE_Base_i\right)\right] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{TS} = variation des émissions de N_2O attribuable à l'adoption des pratiques CSL et TRS, kg N_2O an^{-1}
F_i = quantité totale de N épandu dans un écodistrict i, kg N an^{-1}
$FRAC_TS_i$ = proportion de terres ayant adopté des pratiques de conservation du sol dans un écodistrict i, sans unité
CE_Base_i = moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, décrite dans l'Équation A3.4–12, kg N_2O-N kg N an^{-1}
$CR_{TS,z}$ = coefficient de rapport pour la conservation du sol (CSL et TRS), dans une écozone z, (voir le Tableau A3.4–34), sans unité
$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Émissions de N_2O résultant de l'irrigation

L'augmentation de la teneur en eau lors de l'irrigation peut, à cause d'une activité biologique accrue et d'une aération réduite des sols, entraîner une augmentation des émissions de N_2O (Jambert et al., 1997). De fait, des études indiquent que les plus fortes émissions de N_2O de sols agricoles du nord-ouest des États-Unis (Liebig et al., 2005) et de l'Ouest du Canada (Hao et al., 2001a) ont été observées sur les terres irriguées, suivies des terres non irriguées et des pâturages. Il n'existe aucune étude sur le terrain comparant les émissions de N_2O des terres irriguées et des terres non irriguées au Canada. Il a donc été supposé que : 1) l'eau d'irrigation stimule la production de N_2O de la même manière que l'eau de pluie; 2) le volume d'irrigation permet d'éviter un déficit hydrique, c'est-à-dire que la quantité d'eau apportée par les précipitations plus que celle apportée par l'irrigation équivalent à l'évapotranspiration potentielle dans les conditions locales (« précipitations + eau d'irrigation = évapotranspiration potentielle ») ; et 3) l'effet de l'irrigation sur les émissions de N_2O s'ajoute aux effets de la zone non irriguée à l'intérieur d'un écodistrict. L'effet de l'irrigation sur les émissions de N_2O des terres agricoles a donc été pris en compte à l'aide d'une valeur de CE_Base estimée en utilisant P = EP pour les zones irriguées d'un écodistrict (Équation A3.4–29) :

Équation A3.4–29

$$N_2O_{Irri} = \sum_{i}\left[(F_i \times FRAC_Irri_i)(CE_Base_i \times CR_Irri_i - CE_Base_i)\right] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{Irri} = émissions attribuables à l'irrigation, kg N_2O an^{-1}
F_i = quantité totale de N épandu dans un écodistrict i, kg N an^{-1}
$FRAC_Irri_i$ = fraction des terres cultivées irriguées dans un écodistrict i
CE_Base_i = moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, décrite dans l'Équation A3.4–12, kg N_2O-N kg N an^{-1}
CR_Irri_i = coefficient de rapport pour l'irrigation dans un écodistrict i (voir l'Équation A3.4–30), sans unité
$44/28$ = facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Équation A3.4–30

$$CR_Irri_i = \frac{CE_CT_{P=EP,i}}{CE_CT_{P,i}}$$

CR_IRRI_i = émissions provenant de l'irrigation, kg N_2O an^{-1}
CE_CT_P = coefficient d'émission de N_2O calculé à P, pour l'écodistrict i, kg N_2O-N kg^{-1} N (voir la Figure A3.4–5)
$CE_CT_{i,P=EP}$ = coefficient d'émission de N_2O des sols, calculé à P=EP, pour l'écodistrict i

La valeur FRAC_Irri est tirée des données du RDA pour chacun des écodistricts (voir la section A3.5.4). Pour les années entre deux années de recensement consécutives, la valeur annuelle FRAC_Irri est ajusté par interpolation.

A3.4.5.2. Émissions indirectes de N_2O des sols agricoles

Volatilisation et nouveau dépôt d'azote

La méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N_2O attribuables à la volatilisation et au nouveau dépôt de N inorganique et organique. Les émissions sont calculées à l'aide de l'Équation A3.4–31 :

Équation A3.4–31

$$N_2O_{VD} = \sum_i \left[\left(F_{IN,i} \times FRAC_{GAZE\ NT,i}\right) + \left(FUM_{PGPE,iT} \times FRAC_{GazSG-PGPE,T}\right) + \left(N_{FUM,i} \times FRAC_{GAZM,i}\right)\right] \times CE_4 \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{VD}	=	émissions attribuables à la volatilisation et au nouveau dépôt de N, kg N_2O an^{-1}
$F_{IN,i}$	=	consommation de N inorganique pour chaque type d'engrais azotés, y compris ceux contenant de l'urée, de l'urée et du nitrate d'ammonium, de l'ammoniac anhydre et d'autres produits chimiques, dans un écodistrict i, kg N an^{-1}
$FRAC_{GAZE\ NT,i}$	=	fraction des engrais azotés inorganiques qui sont épandus sur les sols et qui se volatilisent sous forme de NH_3-N dans un écodistrict i, déterminée par une méthode propre au pays, kg NH_3-N kg^{-1} N (voir Équation A3.4–32)
$FUM_{PGPE,iT}$	=	quantité d'urine et de fumier azotés qui est excrétée dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par catégorie ou sous-catégorie d'animaux T dans un écodistrict i, kg N an^{-1}
$FRAC_{GazSG-PGPE,T}$	=	fraction du fumier azoté volatilisé qui est épandu sur les pâturages, les grands parcours et les enclos par catégorie ou sous-catégorie d'animaux T : 0,2 kg (NH_3-N + NO_X-N) kg^{-1} N (GIEC, 2006) pour l'ensemble des catégories d'animaux d'élevage, à l'exception des bovins laitiers (Tableau A3.4–40)
$N_{FUM,i}$	=	engrais azotés organiques épandus sur les terres cultivées dans un écodistrict i, kg N an^{-1} (voir Tableau A3.4–38)
$FRAC_{GAZM,i}$	=	fraction des engrais azotés organiques volatilisés dans un écodistrict i : 0,2 kg (NH_3-N + NO_X-N) kg^{-1} N pour l'ensemble des animaux d'élevage (GIEC, 2019), à l'exception des catégories des bovins laitiers (Tableau A3.4–38) et des porcs (Tableau A3.4–39)
CE_4	=	coefficient d'émission attribuable au dépôt atmosphérique de N (voir Tableau A3.4–26)
$44/28$	=	facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

Une méthode propre au pays a été utilisée pour évaluer les émissions d'ammoniac attribuables aux épandages de N inorganique. La méthode de détermination des coefficients d'émission d'ammoniac suit de très près l'approche de Sheppard et al. (2010a), qui ont appliqué le modèle de régression élaboré par Bouwman et al. (2002b) afin d'obtenir des coefficients d'émission régionaux pour différentes écorégions au Canada. Cette méthode calcule les coefficients d'émission d'ammoniac en fonction du type d'engrais azotés inorganiques, du degré d'incorporation dans le sol, du type de cultures et des propriétés chimiques du sol (Équation A3.4–32).

Équation A3.4–32

$$FRAC_{GAZE\ TN,\ i} = 100 \times EXP\ (somme\ des\ coefficients\ pertinents)$$

$FRAC_{GAZE\ TN,\ i}$	=	coefficients d'émission d'ammoniac pour chaque type d'engrais azotés inorganiques dans un écodistrict i, %
$somme\ des\ coefficients\ pertinents$	=	coefficients pour le type de cultures, le type d'engrais azotés inorganiques, la méthode d'application de N, les propriétés chimiques du sol et le climat, sans unité (voir le Tableau A3.4–35)
100	=	conversion de la fraction en pourcentage
EXP	=	exponentiel

Tableau A3.4–35 **Coefficients pour le type de cultures, les types d'engrais azotés inorganiques, la méthode d'épandage des engrais, les propriétés chimiques du sol et le climat élaborés par Bouwman et al. (2002b)**

Conditions d'application des coefficients		Coefficients
Type de cultures	Cultures annuelles	-0,045
	Cultures pérennes	-0,158
Type d'engrais	Urée	0,666
	Urée et nitrite d'ammonium	0,282
	Ammoniac anhydre	-1,151
	Autres sources azotées	-0,238
Méthode d'épandage	À la volée en surface	-1,305
	Incorporé	-1,895
Propriété chimique du sol	Sol ayant un pH inférieur à 7,25	-1
	Sol ayant un pH de 7,25 à 8,5	-0,608
	CEC du sol inférieur à 250 mmol kg^{-1}	0,0507
	CEC du sol supérieur à 250 mmol kg^{-1}	0,0848
Climat	Tempéré	-0,402

La méthode d'épandage de chaque type d'engrais azotés inorganiques dans l'Est et l'Ouest du Canada est fournie par Sheppard et al. (2010a). Les propriétés du sol, le pH et la capacité d'échange cationique (CEC) proviennent des renseignements du SISCan sur les polygones de sol et s'appuient sur les distributions fractionnelles de la série de sols ayant un pH inférieur à 7,25 et une CEC inférieure à 250 me kg^{-1}, un pH inférieur à 7,25 et une CEC supérieure à 250 me kg^{-1}, un pH supérieur à 7,25 et une CEC inférieure à 250 me kg^{-1}, et un pH supérieur à 7,25 et une CEC supérieure à 250 me kg^{-1}. Statistique Canada (s.d. [i]) a recueilli et publié des données sur les expéditions annuelles d'engrais azotés inorganiques, y compris ceux contenant de l'urée, du nitrate d'ammonium et de l'urée, de l'ammoniac et d'autres produits chimiques (Statistique Canada, s.d. [h], Statistique Canada, s.d. [i]). L'application de cette équation donne des coefficients d'émission particuliers d'un point de vue géographique pour les engrais azotés inorganiques épandus sur les cultures annuelles. Les moyennes provinciales par type d'engrais (Tableau A3.4–36) sont calculées en fonction de la répartition spatiale des propriétés chimiques du sol et le climat pour chacun des écodistricts de chaque province et, par conséquent, la fraction ($FRAC_{GAZE}$) de l'ammoniac volatilisé par province varie légèrement d'une année à l'autre selon les ventes d'engrais (Tableau A3.4–37). D'autres détails sur les méthodes d'estimation des coefficients d'émission d'ammoniac attribuable aux engrais azotés inorganiques se trouvent dans Sheppard et al. (2010a), et les simplifications retenues pour convertir les émissions mensuelles calculées dans la publication originale en une estimation annuelle sont documentées dans Liang (2014). En bref, d'après les données de Sheppard et al. (2010a), il est supposé que les engrais azotés inorganiques sont appliqués au printemps ou à l'automne, lorsque les températures sont similaires. Ainsi, pour estimer les émissions, une valeur de température unique à laquelle les épandages annuels sont effectués dans chaque écorégion a été utilisée. Selon cette approche, la fraction des émissions provenant des engrais pendant la période d'épandage d'engrais varie d'à peu près 5 % à un maximum de 10 % (Tableau A3.4–37), selon l'année et la province.

Tableau A3.4–36 **Coefficients d'émission d'ammoniac pour les engrais azotés inorganiques appliqués aux cultures annuelles, pondérés en fonction des propriétés du sol pour chaque province (%)**

Province	Annuel			
	Urée	Ammoniac anhydre NH_3	UNA[a]	Autres
AB	5	4,2	3,8	5,4
BC	4,8	4	3,7	5,2
MB	5,8	4,9	4,5	6,3
NB	7,4	3,9	4,5	4,5
NL	7,4	3,9	4,5	4,5
NS	7,3	3,9	4,4	4,4
ON	8,2	4,4	5	4,9
PE	7,3	3,9	4,4	4,4
QC	7,4	4	4,5	4,5
SK	5,1	4,2	3,9	5,5

Note :
a. UNA : Urée et nitrite d'ammonium

Tableau A3.4–37 **Fraction du N volatilisé ($FRAC_{GAZE}$) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale**

Année	CE concerné (kg de NH_3-N volatilisée/kg d'engrais azotés inorganiques épandus)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,060	0,087	0,065	0,067	0,078	0,077	0,081	0,063	0,089	0,055
2005	0,062	0,101	0,068	0,060	0,069	0,070	0,086	0,056	0,073	0,058
2018	0,060	0,083	0,066	0,049	0,066	0,057	0,078	0,046	0,077	0,056
2019	0,060	0,083	0,065	0,057	0,000	0,065	0,075	0,054	0,077	0,056
2020	0,061	0,086	0,066	0,064	0,000	0,074	0,073	0,061	0,074	0,056
2021	0,061	0,086	0,066	0,061	0,000	0,070	0,073	0,057	0,074	0,057
2022	0,061	0,085	0,066	0,064	0,000	0,075	0,074	0,061	0,074	0,057
2023	0,061	0,085	0,066	0,067	0,000	0,078	0,076	0,062	0,079	0,057
2024	0,062	0,087	0,066	0,074	0,096	0,086	0,074	0,068	0,078	0,057

Tableau A3.4–38 **Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale**

Année	CE concerné (kg de NH_3-N volatilisé/kg d'engrais de fumier azotés épandus)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,13	0,10	0,16	0,20	0,19	0,20	0,18	0,18	0,17	0,15
2005	0,11	0,08	0,14	0,17	0,19	0,16	0,17	0,18	0,15	0,13
2018	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2019	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2020	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2021	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2022	0,11	0,10	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2023	0,11	0,10	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2024	0,11	0,10	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12

Tableau A3.4–39 **Fraction du N produit par les porcs volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale**

Année	CE concerné (kg de NH_3-N volatilisée/kg d'engrais de fumier azotés épandus)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,14	0,22	0,14	0,28	0,22	0,28	0,21	0,28	0,26	0,15
2005	0,12	0,22	0,11	0,25	0,22	0,24	0,20	0,25	0,24	0,12
2018	0,13	0,22	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2019	0,13	0,22	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2020	0,13	0,22	0,11	0,24	0,23	0,26	0,20	0,25	0,24	0,12
2021	0,13	0,23	0,11	0,25	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2022	0,13	0,23	0,11	0,25	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2023	0,13	0,23	0,11	0,25	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2024	0,13	0,23	0,11	0,25	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12

Tableau A3.4–40 **Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, en 2024, à l'échelle provinciale**

Province	CE concerné (kg de NH_3-N volatilisé/kg de fumier azoté)
Alberta	0,035
Colombie-Britannique	0,042
Manitoba	0,036
Nouveau-Brunswick	0,039
Terre-Neuve-et-Labrador	0,036
Nouvelle-Écosse	0,039
Ontario	0,042
Île-du-Prince-Édouard	0,039
Québec	0,036
Saskatchewan	0,037

Lessivage et ruissellement

Les émissions de N_2O attribuables au lessivage et au ruissellement d'engrais azotés inorganiques et organiques et de résidus de culture azotés présents dans les sols agricoles sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 1 modifiée du GIEC :

Équation A3.4–33

$$N_2O_L = \sum_i \left[\left(N_{ENG,i} + N_{NO,i} + FUM_{PGPE,i} + N_{RES,i} \right) \times FRAC_{LESSIVAGE,i} \times CE_5 \right] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_L	=	émissions attribuables au lessivage et au ruissellement de N, kg N_2O an^{-1}
$N_{ENG,i}$	=	engrais azotés inorganiques épandus dans un écodistrict i, kg N
$N_{NO,i}$	=	engrais azotés organiques épandus dans un écodistrict i, kg N
$FUM_{PGPE,i}$	=	urine et fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos dans un écodistrict i, kg N
$N_{RES,i}$	=	azote de résidus de culture dans un écodistrict i, kg N
$FRAC_{LESSIVAGE,i}$	=	fraction du N perdue par lessivage et ruissellement dans un écodistrict i, comme défini ci-dessous
CE_5	=	coefficient d'émission attribuable au lessivage/ruissellement : 0,0075 kg N_2O-N kg N^{-1} (GIEC, 2006)
$44/28$	=	facteur de conversion du N_2O-N en N_2O

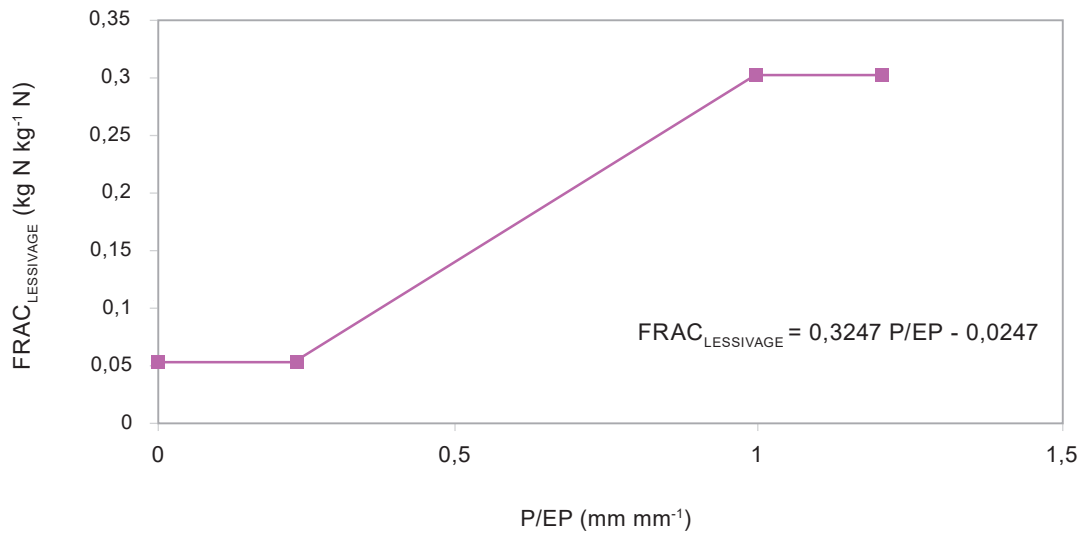
Détermination de la fraction de N perdue par lessivage ($FRAC_{LESSIVAGE}$) à l'échelon de l'écodistrict au Canada

Au Canada, les pertes de N par lessivage varient considérablement d'une région à l'autre. Dans certains systèmes agricoles du sud de la Colombie-Britannique, des apports de N élevés dans des conditions humides peuvent mener à des pertes supérieures à 100 kg de N ha^{-1} (Paul et Zebarth, 1997; Zebarth et al., 1998). Cependant, ces systèmes agricoles ne représentent qu'une petite fraction des agroécosystèmes canadiens. En Ontario, Goss et Goorahoo (1995) ont prévu des pertes par lessivage de 0 à environ 37 kg de N ha^{-1}, soit de 0 % à 20 % des apports de N. Il est possible que les pertes par lessivage dans la majeure partie des Prairies soient inférieures, les précipitations et les apports de N y sont moins importants par unité de surface. Une étude de longue durée menée au centre de l'Alberta par Nyborg et al. (1995) indique que les pertes par lessivage sont minimes. De plus, Chang et Janzen (1996) n'ont relevé aucune preuve de lessivage du N dans des parcelles non irriguées et à fort épandage de fumier, et ce malgré d'importantes accumulations de nitrate dans le profil du sol.

Les valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ peuvent atteindre un niveau aussi bas que 0,05 dans les régions où les précipitations sont largement inférieures à l'évapotranspiration potentielle, comme la région des Prairies au Canada, ou aussi élevées que 0,3 dans les régions humides (GIEC, 2006) de l'Est du Canada. En conséquence, il a été supposé que la valeur $FRAC_{LESSIVAGE}$ varie entre un minimum de 0,05 et un maximum de 0,3, selon l'écodistrict.

Pour les écodistricts où la valeur des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle (P/EP) pendant la saison de croissance (de mai à octobre) est égale ou supérieure à 1, la valeur maximale de $FRAC_{LESSIVAGE}$ de 0,3 (GIEC, 2006) a été attribuée. Pour les écodistricts affichant la plus faible valeur P/EP (0,23), une valeur minimale $FRAC_{LESSIVAGE}$ de 0,05 a été attribuée. Pour les écodistricts où la valeur P/EP variait entre 0,23 et 1, l'élément $FRAC_{LESSIVAGE}$ a été estimé à l'aide de la fonction linéaire qui relie les points de départ et d'arrivée (P/EP, $FRAC_{LESSIVAGE}$) = (1, 0,3; 0,23, 0,05) (Figure A3.4–9).

Figure A3.4–9 **Détermination des valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ pour l'écodistrict**



Les sources des données utilisées pour le calcul des valeurs de N_{ENG}, $N_{FUM\text{-}CULTURES}$, FUM_{PGPE} et N_{RES} (section A3.4.5.1) à l'échelle de l'écodistrict sont indiquées dans les sections précédentes.

La valeur $FRAC_{LESSIVAGE}$ à l'échelon de l'écodistrict a été calculée à l'aide des normales à long terme des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle mensuelles, de mai à octobre, entre 1981 et 2010 (base de données archivées d'AAC).

A3.4.6. Assurance qualité et validation des méthodologies liées aux émissions de N_2O du sol

La méthode employée pour estimer les émissions de N_2O du sol reflète les résultats récents issus de plusieurs méta-analyses d'études canadiennes publiées entre 1990 et 2022 (Rochette et al., 2018 ; Pelster et al., 2023). Rochette et al. (2018) ont compilé des données sur le flux du N_2O du sol provenant des sols agricoles à travers le Canada. Ces données ont été recueillies depuis 1990 afin de déterminer les principaux facteurs pédologiques et climatiques, ainsi que les pratiques d'aménagement, qui expliquent les variations des émissions de N_2O et des coefficient d'émissions. En se basant sur ces résultats, Liang et al. (2020) ont établi une méthode propre au pays qui permet d'estimer les émissions de N_2O provenant des sols agricoles au Canada. Cette méthode intègre des éléments spatiaux tels que la texture du sol, la topographie et le climat, en tenant compte des facteurs d'aménagement, dont les pratiques de travail du sol, l'irrigation, le type de culture (pérenne ou annuelle) et les sources de N (N synthétique, N du fumier ou de biosolides et N de résidu de culture). Ces deux études représentent 69 publications, 65 sites et 1312 mesures.

En reconnaissant l'importante contribution des émissions de N_2O du sol hors de la saison de croissance, Pelster et al. (2023) ont consolidé les études canadiennes mesurant les émissions de N_2O provenant des systèmes agricoles tout au long de l'année. Ils ont déterminé la proportion de ces émissions hors de la saison de croissance et ont conclu que la proportion annuelle des émissions de N_2O hors de la saison de croissance varie largement de −4 % à 119 % avec une moyenne de 35,5 %. Cette méthode intègre toute la littérature pertinente existante qui permet de suivre et de déclarer les émissions de N_2O du sol provenant des sols agricoles au Canada.

Dans certains cas, le jugement d'experts demeure nécessaire. Néanmoins, ces cas sont clairement documentés dans des publications évaluées par des pairs qui décrivent ces méthodologies. Par exemple, le coefficient de rapport employé pour l'irrigation est basé sur des observations limitées et repose sur le jugement des experts (Rochette et al., 2008). Des mesures directes sur le terrain sont nécessaires pour valider ce coefficient, même si l'irrigation représente une source mineure d'émission de N_2O et que la superficie de la terre cultivée irriguée reste relativement restreinte et stable à travers l'ensemble des séries chronologiques (~700 kha annuellement).

La fraction liée au lessivage du N ($Frac_{LESSIVAGE}$), allant de 5 % à 30 % et étant une fonction linéaire de P/EP, a aussi été établie selon le jugement des experts plutôt que des mesures, même si cette méthode est conforme aux valeurs par défaut employées dans le cadre de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). Il sera également nécessaire de réviser davantage la $Frac_{LESSIVAGE}$ en vue d'améliorer les estimations des émissions de N_2O du sol provenant du lessivage du N dans le sol.

Le coefficient de rapport, $CR_{SN=NO}$=0,84 a été établi selon des observations limitées et ne tient pas compte du type de fumier (c'est-à-dire, liquide, semi-solide ou solide). La majorité des données ont été recueillies dans les régions tempérées et humides de l'Est du Canada. Il est nécessaire d'effectuer des études supplémentaires sur le terrain, particulièrement dans les Prairies canadiennes, pour évaluer les différents types de fumier, y compris les biosolides d'origine municipale.

Il a été prouvé que l'utilisation d'engrais à efficacité améliorée (EEA) et l'adoption de pratiques améliorées de gestion de l'azote ont augmenté au Canada ces dernières années. Cependant, peu de preuves existent sur la réponse des émissions de N_2O du sol à ces engrais à efficacité améliorée et les séries chronologiques complètes des données sur les activités pour ces pratiques sont manquantes. Par conséquent, les estimations d'atténuation n'ont pas été réalisées pour ce RIN.

Sokolov et al. (2026) ont mené une méta-analyse dans laquelle ils ont découvert que, comparée au N synthétique classique, la réduction des émissions était de 23 % pour les inhibiteurs de nitrification, à 15 % pour les inhibiteurs doubles, à 6 % pour les engrais à libération lente d'azote et à -9 % pour les inhibiteurs d'uréase. Cette étude suggère qu'il est faisable d'établir des coefficients de rapport pour les engrais à efficacité améliorée, et ce, afin d'estimer les réductions des émissions de N_2O du sol au moyen de données d'activité en séries chronologiques sur les engrais à efficacité améliorée, données recueillies par Fertilizer Canada pour le RIN. La même étude a également documenté l'incidence des pratiques de gestion du N sur la réduction des émissions de N_2O du sol, notamment le moment d'utilisation du N, les applications fractionnées, l'emplacement, la dose et la méthode d'application, ainsi que le type d'engrais. Actuellement, il existe deux difficultés principales qui entravent leur mise en œuvre dans le RIN : 1) de nombreuses pratiques de gestion des nutriments sont employées ensemble, alors que seule l'incidence d'une pratique à la fois est connue (Sokolov et al., 2026) ; 2) il manque les données d'activités en séries chronologiques liées aux pratiques de gestion des nutriments.

Estimations de l'incertitude sur les émissions de N_2O

Une analyse d'incertitude approfondie a été effectuée concernant l'ensemble des principes méthodologiques utilisés pour le calcul des émissions de N_2O provenant des animaux d'élevage et des sols agricoles pour l'année 2010 (Karimi-Zindashty et al., 2014). L'analyse n'a pas encore été publiée, et sa profondeur était limitée à cause de la taille et la complexité de l'approche canadienne de quantification du N_2O et des limites supérieures de la capacité de traitement de données du logiciel Analytica. Toutefois, l'analyse a fourni les limites d'incertitude pour les principales catégories de sources d'émissions. Aux fins du présent rapport, les plages d'incertitude (en pourcentage) établies pour les moyennes de 2010 ont été appliquées aux moyennes de l'année en cours. Dans le cadre de l'analyse, une reproduction stochastique de la méthode complète de quantification des émissions de N_2O a été développée dans Analytica© à l'échelle des écodistricts, et une simulation de Monte-Carlo a été réalisée selon la méthode proposée dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Une analyse de sensibilité a été effectuée pour déterminer les paramètres qui ont contribué le plus aux différentes catégories de sources d'émissions.

Les paramètres utilisés dans le calcul des émissions de N_2O peuvent être divisés en trois catégories : 1) ceux qui sont associés aux données à l'échelle de l'écodistrict; 2) les données à l'échelle provinciale; et 3) les paramètres à l'échelle nationale/GIEC (Tableau A3.4–41). Un grand nombre des paramètres à l'échelle nationale sont tirés directement des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) ou des travaux d'élaboration de méthodologie originaux propres au pays réalisés par Rochette et al. (2008); ils sont soit calculés de façon analytique ou obtenus à partir de l'opinion d'experts, plus précisément d'un groupe composé de quatre experts des émissions de GES agricoles. Les paramètres à l'échelle provinciale comprennent, entre autres, les ventes d'engrais et les caractéristiques des cultures agricoles, les sources d'incertitude étant le sondage de Statistique Canada et l'opinion d'experts sur les caractéristiques des cultures agricoles. L'incertitude sur les populations d'animaux d'élevage et les paramètres de gestion pour les catégories d'animaux étaient identiques à ceux dont il a été question aux sections A3.4.2.4 et A3.4.3.9; les distributions utilisées pour définir les incertitudes se trouvent dans le Tableau A3.4–12 et le Tableau A3.4–22. Les paramètres à l'échelle du paysage ont été obtenus à partir de la base de données des paramètres des pédopaysages agricoles développée par AAC et utilisés dans les estimations de la production des terres cultivées pour l'ATCATF. L'incertitude sur les paramètres à l'échelle d'un paysage spécifique était fondée sur les règles générales utilisées dans la production d'estimations de l'incertitude pour le C des terres cultivées, selon lesquelles l'incertitude quant à un paramètre à l'échelle du paysage est inversement proportionnelle à la taille relative de l'unité de paysage, c.-à-d. les paramètres plus petits associés à des écodistricts plus petits présentent une plus grande incertitude. Les limites de l'incertitude pour les différents paramètres sont variables. Par exemple, les incertitudes relatives à la distribution animale étaient de ±30 % dans le cas des petits écodistricts et de ±5 % dans le cas des grands écodistricts; tandis que, pour la fraction des basses terres dans un écodistrict donné, la variabilité se limitait à ±10 % pour les petits écodistricts et à ±1,25 % pour les grands écodistricts. L'analyse actuelle n'englobe pas les nouveaux coefficients d'émission propres au pays pour les émissions de N_2O attribuables au fumier animal déposé dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, mais elle inclut l'analyse des émissions prenant en compte le coefficient d'émission attribuable au lessivage des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Les résultats sommaires de l'analyse des incertitudes relatives aux émissions de N_2O sont présentés au Chapitre 5. La plage d'incertitude pour les émissions de N_2O issues de sources agricoles est de 56 % (de -27 % à +29 % de la moyenne). La plupart des incertitudes sont associées aux émissions indirectes et, particulièrement, aux coefficients d'émission indirecte pour le N volatilisé et le N perdu par lessivage, l'étendue de la plage d'incertitude sur les émissions indirectes étant estimée à 126 % (de -58 % à +68 % de la moyenne). Les émissions sont biaisées vers la partie inférieure de la distribution de probabilité des émissions, parce que l'incertitude liée au coefficient d'émission a zéro comme limite et que la variabilité du coefficient d'émission est exprimée sous forme de facteur dans l'échelle inférieure; une variation de 1 % à 0,2 % a une plus faible incidence sur les émissions totales qu'une variation de 1 % à 5 % dans la partie supérieure de la distribution de probabilité. L'étendue de la plage d'incertitude des émissions directes de N_2O provenant des sols agricoles est de 69 % (de -31 % à +38 % de la moyenne). Il existe peu d'études complètes sur les incertitudes relatives aux émissions de N_2O. Dans une étude directement comparable à cette analyse des incertitudes, Monni et al. (2007) ont estimé que les émissions totales de N_2O en Finlande variaient de -50 % à +70 % de la moyenne estimée des émissions. Ils ont utilisé une combinaison comprenant la méthode propre au pays et la méthode par défaut de Niveau 1 du GIEC pour les estimer. Au cours d'une étude des incertitudes effectuée récemment au Royaume-Uni, Milne et al. (2014) ont constaté de grandes plages d'incertitude pour les émissions directes, indirectes et totales de N_2O, ces plages allant de -56 % à +140 %; de -91 % à +370 %; et de -55 % à +110 %, respectivement. Les incertitudes sur les paramètres en ce qui nous concerne étaient semblables à celles des chercheurs du Royaume-Uni, mais il semble que le niveau élevé de subdivision spatiale de l'approche canadienne de quantification du N_2O ait donné lieu à une incertitude globale légèrement inférieure. L'incertitude associée à la fraction des émissions provenant des engrais azotés inorganiques serait réduite de ±200 % par les coefficients d'émission par défaut du GIEC (GIEC, 2006) compte tenu de la méthode propre à chaque pays utilisée dans le cadre de ce rapport.

Selon l'analyse de sensibilité, les incertitudes sur les coefficients d'émission indirecte étaient celles qui contribuent le plus à l'incertitude globale. L'incertitude associée aux émissions directement attribuables aux sols était dominée par l'utilisation de l'incertitude dans le coefficient d'émission de Niveau 1 pour les émissions provenant du fumier dans les PGPE, la pente de l'équation de régression P/EP et le modificateur du coefficient d'émission pour le travail du sol et la texture (CR_{TS}, CR_TX). Le CE pour les systèmes de gestion des fumiers solides était la plus grande source d'incertitude dans l'estimation des émissions de N_2O provenant des SGF. Pour réduire l'incertitude, il faudra remplacer les modificateurs et coefficients d'émission par défaut de Niveau 1 dans la méthodologie.

Tableau A3.4–41 **Paramètres d'incertitude utilisés dans le calcul des émissions de N_2O agricoles**

Paramètre	Source du coefficient/paramètre	Type de distribution	Plage d'incertitude	Valeur la plus probable[b]	Distribution de l'incertitude – Source et notes
Paramètres à l'échelle nationale et du GIEC					
Données sur les populations d'animaux et la caractérisation[a]					Karimi-Zindashty et al. (2012), de Statistique Canada, communication personnelle
Excrétion d'azote (N)	Lignes directrices du GIEC (2006)	Normale	±50 %	GIEC (par défaut)	
$FRAC_{GAZ}$/$FRAC_{PerteSG}$		Triangulaire	GIEC (par défaut)	GIEC (par défaut)	Voir les tableaux 10.22/10.23 des Lignes directrices du GIEC (2006)
Coefficient d'émission SGF		Triangulaire	Liquide 0,0005–0,002 PGPE 0,007–0,06	Minimum liquide - 0,001 Maximum PGPE - 0,02	Lignes directrices du GIEC (2006); variable selon le type de stockage des fumiers
Caractéristiques des cultures					
Teneur H_2O	Janzen et al. (2003)	Normale	±15 %		Opinion d'experts
Affectation de matière sèche relative pour les résidus (produit; en surface [AG] et souterrain [BG])					
$FRAC_{RENOU}$ (durée)					
Concentration d'azote (N) dans les résidus (AG et BG)					
Coefficients/modificateurs d'émission directe et indirecte					
Paramètres de régression P/EP	Rochette et al. (2008)	Normale	Intersection ±54 % Pente ±21 %		Opinion d'experts
$FRAC_{LESSIVAGE}$ – paramètres de calcul			Intersection ±54 % Pente ±21 %		
CR_{TS}			±100 %		
CR_TX			±30 %		
$CE_{lessivage}$	Lignes directrices du GIEC (2006)	Triangulaire	0,002–0,12	0.025	Lignes directrices du GIEC (2006)
CE_{VD}			0,002–0,05	0.01	
CE_{HIST}			2–24	8	
Paramètres à l'échelle provinciale					
Taux d'épandage d'engrais (kg/ha)	Les coefficients sont tirés de ceux couramment utilisés dans les documents et les études de modélisation d'AAC[c].	Normale	±15 %		Opinion d'experts
Ventes d'engrais provinciales	Statistique Canada	Normale	±15 %		Interprétation de l'évaluation de la qualité des données dans le Rapport de Statistique Canada
Paramètres à l'échelle de l'écodistrict					
P et EP	Données des stations météorologiques	Normale	5-15 %		Fondés sur les données de stations météorologiques individuelles; moyenne sur 30 ans
Superficie totale de l'écodistrict	Base de données agricole des pédo-paysages géoréférencés d'AAC[c], dérivée du Recensement de l'agriculture, 1991-2011	Normale	Fonction de la taille relative de l'écodistrict : Incertitude maximale de 30 % pour les petits écodistricts; incertitude minimale de 3 % pour les plus grands écodistricts; les valeurs maximales et minimales varient selon le paramètre.		Fondés sur la méthodologie relative à l'incertitude utilisée dans la quantification du carbone pour les terres cultivées
Superficies des cultures					
Distribution des populations d'animaux dans l'écodistrict					
CR_{TOPO} (fraction des basses terres d'un écodistrict donné)					
Étendue des sols organiques					
Superficie des sols irrigués					
Texture du sol – cultures annuelles					
Texture du sol – cultures pérennes					

Notes :

a. Les incertitudes associées à la plupart des paramètres relatifs aux animaux d'élevage sont décrites à la section A3.4.2.4 et à la section A3.4.3.8, et les distributions utilisées pour définir les incertitudes sont fournies dans le Tableau A3.1–7 et le Tableau A3.2–8.

b. Indiquée au besoin lorsqu'une distribution triangulaire est utilisée.

c. Agriculture et Agroalimentaire Canada

A3.4.7. Émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage de résidus agricoles dans les champs

Au Canada, les résidus de récolte sont parfois brûlés, parce qu'il est pratique de le faire ou pour limiter la propagation de maladies par leur élimination. Toutefois, selon l'opinion d'experts, cette pratique a diminué en popularité depuis quelques années en raison des préoccupations qu'elle suscite sur le plan de la qualité des sols et de l'environnement.

Le brûlage dans les champs des résidus agricoles produit du CH_4 et du N_2O. La quantité de résidus de récolte qui sont brûlés au Canada peut être estimée comme suit :

Équation A3.4–34

$$Q_{BRÛLÉS} = \sum_{T} (PRODUCTION_T \times (1 - TENEUR_T) \times RapportRS/P_T \times PRB_T \times FACTEUR_{échelle})$$

$Q_{BRÛLÉS}$ = quantité de résidus de récolte brûlés pour une culture T par province, Mg de matière sèche an^{-1}
$PRODUCTION_T$ = production totale du type de culture T, Mg an^{-1}
$TENEUR_T$ = teneur en humidité du produit de la culture T, fraction
$RapportRS/P_T$ = rapport entre les résidus de récolte au sol et le produit cultivé pour une culture T, sans unités
PRB_T = pourcentage de résidus de récolte qui sont brûlés dans les champs pour la culture T, fraction
$FACTEUR_{échelle}$ = facteur d'échelle ou d'intensité ajusté pour le brûlage en 2006, sans unités

En 2001 et en 2006, dans le cadre de son Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA)[11], Statistique Canada a notamment recueilli des données sur le brûlage des résidus de récolte. Le type de culture et l'ampleur du brûlage des résidus pour chaque province n'étaient disponibles que pour 2006. Ces données ont été recueillies dans le cadre de l'EGA et sont résumées dans le Tableau A3.4–42. Afin d'établir une série chronologique complète, des données sur les activités, des renseignements supplémentaires, pour les années 1991 et 1996, ont été recueillis sur le brûlage des résidus de récolte par le biais de consultations d'experts (Coote et al., 2008). Il a donc été supposé qu'une culture ayant fait l'objet d'un brûlage en 2006 a fait l'objet d'un brûlage pour l'ensemble de la série chronologique.

L'intensité du brûlage de résidus de récolte dans chaque province pour les années 1991, 1996 et 2001 a été ajustée sous la forme d'un ratio basé sur le brûlage moyen pour 2006 (Tableau A3.4–43). Les caractéristiques de base d'une culture, telles que la teneur en humidité du produit cultivé et le rapport entre les résidus de récolte au sol et le produit cultivé, sont fournies par Janzen et al. (2003). La production annuelle de chaque culture dont les résidus de récolte font l'objet de brûlage est disponible (Statistique Canada, s.d. [g]). D'autres paramètres, comme la fraction de biomasse brûlée et les coefficients d'émission nécessaires à l'estimation des émissions, sont tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Tableau A3.4–42 **Brûlage des résidus de récolte selon les types de culture en 2006**

Province/territoire	Blé du printemps	Blé d'hiver	Avoine	Orge	Grains mélangés	Graine de lin	Canola
	% de résidus de récolte brûlés (en poids)						
AB	0	0	0	0	0	8	0
BC	0	0	0	0	0	0	0
MB	2	3	3	1	0	17	1
NB	0	0	1	0	0	0	0
NL	0	0	0	0	0	0	0
NS	33	0	0	0	0	0	0
ON	0	0	0	1	2	0	0
PE	3	0	0	1	0	0	0
QC	0	0	1	0	0	0	0
SK	0	0	0	0	0	15	1

11 Disponible en ligne : http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044.

Tableau A3.4–43 **Brûlage des résidus de récolte par province, au Canada, pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006**

Province/territoire	1991[a]	1996[a]	2001[b]	2006[b]
	% de résidues de récolte brûlés (en poids)			
AB	0,8	0,7	0,2	0,2
BC	0	0	0	0
MB	12,6	10,1	8,9	2,3
NB	0,5	0,5	0,5	0,5
NL	0	0	0	0
NS	0,5	0,5	0,5	0,5
ON	0,7	0,7	0,7	0,3
PE	0,4	0,4	0,4	0,4
QC	0,4	0,4	0,4	0,3
SK	8,1	5,8	3,9	1,5

Notes :
a. Les données ont été obtenues dans le cadre de consultations effectuées par Coote et al. (2008).
b. Les données sont tirées de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale 2001 et de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale 2006 menées par Statistique Canada.

Les émissions de N_2O et de CH_4 attribuables au brûlage des résidus de récolte sont estimées à l'aide de l'équation suivante :

Équation A3.4–35

$$\boldsymbol{\acute{E}MISSIONS_{BRÛLAGE} = \sum(Q_{BRÛLÉS,p} \times C_F \times G_{CE}) / 1000}$$

$\boldsymbol{\acute{E}MISSIONS_{BRÛLAGE}}$ = émissions de N_2O ou de CH_4 attribuables au brûlage des résidus de récolte au Canada, kt de N_2O ou de CH_4
$\boldsymbol{Q_{BRÛLÉS,p}}$ = quantité de résidus brûlés dans une province p, Mg de matière sèche an^{-1}
$\boldsymbol{C_F}$ = rendement de combustion du combustible F (GIEC, 2006), sans unité
$\boldsymbol{G_{CE}}$ = coefficients d'émission (GIEC, 2006), 0,00007 kg de N_2O ou 0,0027 kg de CH_4 kg^{-1} de matière sèche brûlée
$\boldsymbol{1000}$ = facteur de conversion de Mg en kt

A3.4.8. Émissions de CO_2 attribuables au chaulage et à l'application d'urée

A3.4.8.1. Émissions de CO_2 résultant du chaulage

Le calcaire ($CaCO_3$) est souvent employé pour neutraliser les sols acides, accroître la disponibilité des nutriments du sol (en particulier le phosphore), réduire la toxicité des métaux lourds et améliorer le milieu de croissance des cultures. Durant ce processus de neutralisation, les réactions d'équilibre du bicarbonate qui surviennent dans le sol libèrent du CO_2.

Le taux de libération de CO_2 varie selon les conditions du sol et les types de composés épandus. Dans la majorité des cas, un chaulage répétitif est appliqué. C'est pourquoi, aux fins de l'inventaire, il est supposé que le taux annuel de chaulage atteint quasiment l'équilibre avec la consommation de chaux des années précédentes. Les émissions associées au chaulage sont calculées à partir de la quantité de chaux épandue annuellement.

La quantité de C libérée par l'épandage de chaux ou de dolomite est calculée à l'aide de la méthode de Niveau 1 par défaut du GIEC (GIEC, 2006) :

Équation A3.4–36

$$\boldsymbol{CO_2 - C = \sum(M_{calcaire/dolomite,p} \times CE_{calcaire/dolomite})}$$

$\boldsymbol{CO_2 - C}$ = émissions annuelles de C dues à l'application de chaux, Mg C an^{-1}
$\boldsymbol{M_{calcaire/dolomite,p}}$ = quantité annuelle de calcaire et de dolomite consommée dans la province p, Mg an^{-1}
$\boldsymbol{CE_{calcaire/dolomite}}$ = 0,12, coefficient d'émission pour le calcaire ou 0,13, coefficient d'émission pour la dolomite, kg C kg^{-1} de calcaire et de dolomite

La quantité de chaux et de dolomite utilisée à des fins agricoles ne provient pas du RDA de Statistique Canada, mais plutôt de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (1990 à 2006) de Ressources naturelles Canada. Pour les années plus récentes, cette information n'est disponible que sur demande[12]. Cette source de données offre une série chronologique de données d'activités plus cohérente et complète au sujet du chaulage agricole au Canada. Étant donné que cette source ne fournit aucune donnée sur le ratio dolomite-calcaire, le ratio tiré de données recueillies par le biais de consultations avec l'Institut canadien des engrais a été utilisé. Un taux de pureté de 95 % est employé sur les applications du calcaire et de la dolomite, selon les données obtenues dans la section du PIUP de l'inventaire.

Il est estimé que les limites de confiance de 95 % associées aux données sur la consommation annuelle de chaux ont un taux d'incertitude de ±30 %. Il a été postulé que cette incertitude englobait l'incertitude des ventes de chaux, l'incertitude du moment effectif d'application de la chaux vendue et, par conséquent, l'incertitude du moment où les émissions se produisent. L'incertitude du coefficient d'émission a été fixée à -50 %, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

A3.4.8.2. Émissions de CO_2 dues à l'application d'urée

L'épandage d'urée ou d'engrais azotés à base d'urée pour stimuler la production culturale libère du CO_2 par hydrolyse, comme suit :

$$(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^- + CO_2$$

En plus de l'urée, les agriculteurs canadiens utilisent également des quantités importantes de nitrate d'ammonium d'urée (28-0-0) avec un mélange de 30 % $CO(NH_2)_2$. Les émissions de CO_2 dues à l'application d'urée peuvent être estimées au moyen de l'Équation A3.4–37 :

Équation A3.4–37

$$CO_2 - C = \sum (M_{Urée,p} \times CE_{Urée})$$

$CO_2 - C$ = émissions annuelles de C résultant de l'application d'urée, Mg C an^{-1}

$M_{Urée,p}$ = quantité annuelle d'urée appliquée, Mg an^{-1} dans la province p

$CE_{Urée}$ = coefficient d'émission de 0,20, kg C kg^{-1} d'urée

Statistique Canada recueille et publie des données sur les expéditions d'engrais annuelles, y compris l'urée et le nitrate d'ammonium d'urée (Statistique Canada, s.d. [h], Statistique Canada, s.d. [i]). L'estimation d'incertitude associée aux émissions est évaluée selon une propagation d'erreur simple, selon un taux d'incertitude du sondage de ±15 % pour les données d'activités et un taux d'incertitude de -50 % associé au coefficient d'émission prescrit par les Lignes directrices 2006 du GIEC.

12 [RNCan] Ressources naturelles Canada. 2007–2016. Canada, Production de calcaire – Pierres. Données non publiées. Ressources naturelles Canada, Division de la statistique sur les minéraux et l'activité minière.

A3.5. Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) de l'inventaire comprend les estimations des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre (GES) liées aux terres aménagées et à la conversion de terres d'une catégorie à une autre.

Comme dans le Chapitre 6, la structure de cette annexe cherche à préserver les catégories de déclaration fondées sur l'utilisation des terres, tout en regroupant les méthodologies connexes de collecte des données et d'établissement des estimations. La section A3.5.1 résume le cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des superficies. La méthode générale d'estimation des fluctuations des stocks de carbone (C), des émissions et des absorptions dans toutes les catégories associées aux forêts, y compris les Terres forestières, les Terres converties en terres forestières et les sous-catégories associées à la conversion de forêts en autres terres, est décrite brièvement à la section A3.5.2. Cette description n'est pas répétée dans les sous-catégories des Terres forestières converties en terres cultivées, des Terres forestières converties en terres humides et des Terres forestières converties en établissements. La section A3.5.3 donne une description générale de la méthode permettant d'estimer les émissions liées à l'utilisation et à l'élimination des produits ligneux récoltés (PLR) à partir du bois récolté au Canada et la section A3.5.4 décrit les méthodes utilisées pour quantifier les répercussions des pratiques de gestion sur les terres agricoles pour la catégorie des Terres cultivées. De même, les sections sur les Prairies (A3.5.5), les Terres humides (A3.5.6) et les Établissements (A3.5.7) portent sur les méthodes d'estimation propres à chacune de ces catégories.

A3.5.1. Cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des superficies dans le secteur ATCATF

Le système canadien de surveillance du secteur ATCATF repose sur une étroite collaboration entre scientifiques et experts de différentes disciplines. Dès le départ, il a été reconnu que les démarches, les méthodes, les outils et les données disponibles appropriés à la surveillance des activités humaines dans une catégorie de terres ne convenaient pas nécessairement aux autres catégories. Il existe des différences dans le cadre spatial utilisé par chaque catégorie de terres, et ces différences entraînent le risque que les données sur les activités et les estimations deviennent incohérentes sur le plan spatial. L'ensemble des partenaires contribuant au secteur ATCATF a convenu d'un cadre spatial hiérarchique permettant d'obtenir le niveau le plus élevé possible d'uniformité et d'intégrité spatiale dans les estimations de l'inventaire.

Dans les rapports d'inventaire de GES des données du secteur ATCATF sont disponibles pour 18 zones de déclaration (Chapitre 6, Figure 6–1). Ces zones de déclaration sont essentiellement les mêmes que les écozones du Cadre écologique national pour le Canada, un système de classification national et spatialement homogène (Marshall et al., 1999). Aux fins de présentation des estimations de l'ATCATF, trois écozones ont été divisées en trois unités plus petites : les écozones du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier sont subdivisées en secteurs est et ouest pour former quatre zones de déclaration; tandis que l'écozone des Prairies est subdivisée en un secteur semi-aride et un secteur subhumide (McGovern, 2014). Ces subdivisions ne modifient aucunement la nature hiérarchique du cadre spatial.

Les unités analytiques constituent le niveau de résolution spatiale le plus élevé et sont propres à chaque système d'estimation. Dans les forêts aménagées, les unités analytiques résultent du recoupement géographique des zones de déclaration (Chapitre 6, Figure 6–1) et des unités d'aménagement forestier provinciales et territoriales. Pour les besoins de cette évaluation, les forêts aménagées ont été classées en 607 unités analytiques dans 12 provinces et territoires (le Nunavut a été exclu, car il n'y a pas de forêt aménagée dans cette région nordique) (Tableau A3.5–1). Il peut y avoir des changements quant au nombre d'unités analytiques spatiales d'une déclaration à l'autre, pour refléter des ajustements de l'intégration de multiples couches spatiales. Par exemple, les modifications apportées aux frontières administratives, aux zones de récolte du bois d'œuvre et aux parcs peuvent faire en sorte que les unités ne respectent pas les critères pour l'analyse séparée et doivent donc être regroupées.

Les polygones des pédopaysages du Canada[1] (PPC) constituent le cadre spatial le mieux adapté pour le suivi des GES émis par les terres agricoles. Un pédopaysage décrit un groupe de sols et les paysages connexes, comme le modelé de la surface, la pente, la teneur caractéristique en C du sol dans les utilisations des terres agricoles indigènes et dominantes et la profondeur de la nappe phréatique. Les paysages pédologiques sont liés spatialement aux polygones des PPC (les unités d'analyse), qui peuvent contenir un ou plusieurs éléments distinctifs du pédopaysage. Les polygones des PPC constituent également les unités d'analyse de base du Cadre écologique national pour le Canada, un système de classification nationale hiérarchisé et spatialement homogène au sein duquel les écosystèmes de différentes envergures peuvent être décrits, contrôlés et déclarés (Marshall et al., 1999). Les 12 353 polygones des PPC s'inscrivent dans le degré de généralisation suivant (1 027 écodistricts), lesquels sont ensuite regroupés en 194 écorégions et 15 écozones. Les polygones des PPC sont de l'ordre de 1 000 à 1 000 000 d'hectares et conviennent à l'établissement de cartes à l'échelle de 1:1 million.

1 Disponible en ligne : http://sis.agr.gc.ca/siscan/.

Tableau A3.5–1 **Nombre d'unités analytiques spatiales des forêts aménagées par province et territoire**

Province/Territoire	Nombre d'unités analytiques
Terre-Neuve-et-Labrador (NL)	24
Île-du-Prince-Édouard (PE)	1
Nouvelle-Écosse (NS)	1
Nouveau-Brunswick (NB)	1
Québec (QC)	129
Ontario (ON)	52
Manitoba (MB)	70
Saskatchewan (SK)	40
Alberta (AB)	181
Colombie-Britannique (BC)	65
Yukon (YT)	13
Territoires du Nord-Ouest (NT)	30
Nunavut (NU)	0
CANADA	**607**

Les unités analytiques servant à estimer la superficie des terres forestières converties à d'autres affectations sont le résultat de l'intersection spatiale des strates de conversion des forêts (Figure A3.5–6) avec les frontières écologiques et administratives. Les strates de conversion des forêts ont été élaborées à partir des taux de conversion et des caractéristiques attendues. La méthode d'échantillonnage retenue pour le suivi de la conversion des forêts impose certaines restrictions aux unités analytiques : elles doivent être aussi uniformes que possible en ce qui a trait aux schémas de conversion des forêts et assez vastes pour qu'on puisse y prélever des échantillons de taille acceptable, compte tenu du taux de prélèvement prédéterminé.

Les unités analytiques de différentes catégories d'affectation des terres peuvent se recouper. Le plus souvent, l'emplacement exact des activités ou perturbations au sein d'une unité est ignoré. Par conséquent, les données sur les activités relatives aux différentes catégories d'affectation des terres ne peuvent pas être harmonisées sur le plan des unités analytiques. Le rapprochement spatial se fait dans 60 unités de rapprochement (UR), qui sont issues de l'intersection spatiale des zones de déclaration et des limites des provinces et des territoires. Les procédures de contrôle de la qualité (CQ) et d'assurance de la qualité (AQ) sont menées au niveau des unités analytiques (pendant l'établissement des estimations) et au niveau des UR (à l'étape de la compilation des estimations).

La masse continentale totale du Canada indiquée dans le Tableau 4.1 des Tableaux communs de déclaration (TCD) est estimée à l'aide des couches géomatiques établies à partir des polygones des PPC et la qualité est vérifiée à l'aide des données provenant de l'Atlas du Canada[2]; elle comprend la superficie du territoire (estimée à 906 676,55 kha) et la superficie recouverte par les eaux douces (estimée à 89 680,51 kha). L'estimation des superficies de forêts aménagées et non aménagées au Canada s'appuie sur les procédures d'estimation de l'Inventaire forestier national (IFN) du Canada, dont les résultats sont rapprochés des superficies de forêts obtenues d'autres sources, lesquelles sont décrites à la section A3.5.2.2. Le rapprochement des estimations de superficie totale des forêts est nécessaire parce que le cadre de modélisation du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF) et l'IFN s'appuient sur des définitions différentes de la fermeture de la canopée et utilisent des méthodes d'estimation différentes. Les superficies nationales totales pour le Canada varient selon la source de données. Toutefois, comme les polygones des PPC constituent la couche de base du Cadre écologique pour le Canada, cette source de données est considérée comme la plus appropriée pour garantir la cohérence avec l'ATCATF.

Pour mieux rapprocher les superficies des terres dans les catégories aménagées et non aménagées, des données spatiales supplémentaires ont été intégrées dans le cadre. Le Registre de la couverture terrestre issu de Statistique Canada (Statistique Canada, 2025) présente des classifications actualisées sur la couverture nationale terrestre, alors que les cartes de changement d'affectation des terres (AAC, 2021) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada apportent des informations détaillées sur les transitions agricoles et la dynamique d'affectation des terres. Ces données servent d'intrants additionnels pour affiner les estimations liées aux terres non aménagées dans la matrice de représentation des terres (Chapitre 6, Tableau 6–4, TCD 4.1), en complément au cadre basé sur les PPC. Leur intégration constitue une première étape pour combler les lacunes de la représentation des terres non aménagées dans le cadre spatial servant aux estimations du secteur ATCATF et au rapprochement des superficies.

2 Disponible en ligne : https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-et-publications/cartes/latlas-canada/10802.

A3.5.2. Terres forestières et changement d'affectation des terres d'ordre forestier

A3.5.2.1. Modélisation du carbone

L'estimation des fluctuations des stocks de C, des émissions et des absorptions de C par les forêts aménagées, de la conversion des terres forestières à d'autres affectations et de la conversion d'autres terres en terres forestières est effectuée à l'aide de la version 3 du *Modèle du bilan carbone du secteur forestier canadien* (MBC-SFC3) (Kurz et al., 2009), effectué sur une architecture informatique améliorée, le plus récent d'une famille de modèles dont le développement remonte à la fin des années 1980 (Kurz et al., 1992). Ce modèle intègre les renseignements tirés de l'inventaire des forêts (âge du peuplement, superficie et composition taxinomique), des courbes de volume marchand en fonction de l'âge, des équations de conversion du volume marchand des peuplements en biomasse totale, des données sur les perturbations naturelles et anthropiques, ainsi que des simulations des transferts de C entre réservoirs et des échanges atmosphériques qui sont associés aux processus des écosystèmes et à divers événements.

Les processus de l'écosystème modélisés par le MBC-SFC3 pour établir les estimations présentées ici sont la croissance, le dépôt de litière, la mortalité des arbres ne résultant pas de perturbations et la décomposition. Le MBC-SFC3 modélise aussi, entre autres, les activités d'aménagement, la conversion des forêts et les perturbations naturelles. Les activités d'aménagement représentées sont la coupe à blanc, la coupe progressive, la coupe d'ensemencement, la récolte sélective, l'éclaircie commerciale, l'éclaircie précommerciale, la coupe de récupération, la récolte de bois de chauffage résidentiel et le brûlage des résidus de récolte. Le modèle simule en outre différentes pratiques de conversion des forêts, y compris le brûlage dirigé.

On peut établir une correspondance entre les réservoirs de C forestiers représentés dans le modèle et ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Tableau A3.5–2). Bien que cela ne soit pas illustré dans le tableau, les réservoirs de biomasse vivante sont ensuite subdivisés en deux ensembles, pour les essences feuillues et les essences résineuses.

Les processus annuels de l'écosystème sont simulés sous forme de transferts de C entre les réservoirs à chaque pas de temps (annuel), dans chaque relevé d'inventaire (Figure A3.5–1). Pendant les processus annuels, le C est capté dans le réservoir de biomasse et une partie de cette biomasse est transférée à des réservoirs de matière organique morte (MOM). Le MBC-SFC3 représente dix réservoirs de biomasse vivante, sept réservoirs de bois mort, deux réservoirs de litière et deux réservoirs de sol. Les transferts de carbone de chaque réservoir sont définis sur la base d'un ensemble de paramètres propres à chaque réservoir. Pour les réservoirs de biomasse vivante, ces paramètres(i) les taux de décomposition à une température annuelle moyenne de 10 °C; (ii) les coefficients de sensibilité à la température (Q_{10}), qui ajustent les taux de décomposition en fonction de la température annuelle moyenne et (iii) les fractions de transfert, qui précisent la proportion de C décomposé émis directement dans l'atmosphère par la respiration hétérotrophe par rapport à celle transférée vers des réservoirs de MOM ou de sol plus stables. Ensemble, ces paramètres déterminent le temps de résidence du C dans chacun des réservoirs ainsi que le moment des émissions et des transferts entre réservoirs dans le cadre du MBC-SFC3 (Kurz et al., 2009).

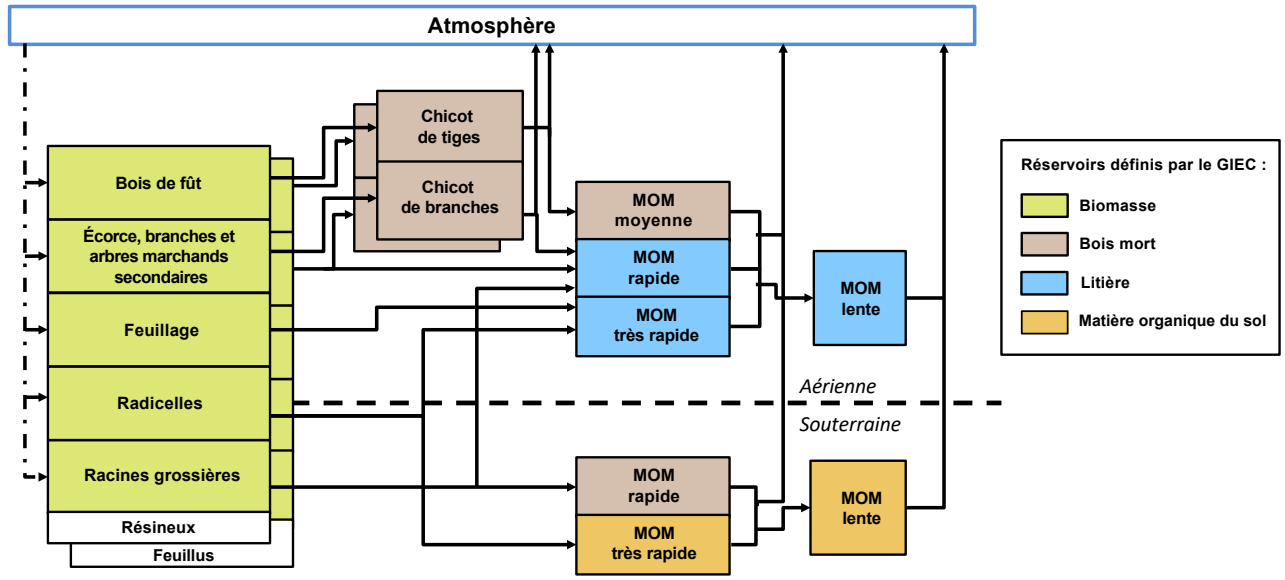
Tableau A3.5–2 **Réservoirs de carbone forestier selon les Lignes directrices du GIEC et la modélisation du MBC-SFC3**

Réservoirs de carbone du GIEC		Noms des réservoirs selon le MBC-SFC3
Biomasse vivante	Biomasse aérienne	Bois de fût marchand Autres (Bois de fût sous le diamètre marchand, cimes, branchages, souches, arbres non marchands) Feuillage
	Biomasse souterraine	Radicelles Racines grossières
Matière organique morte (MOM)	Bois mort	Bois mort aérien rapide Bois mort souterrain rapide Moyen Chicot de fût de résineux Chicot de branches de résineux Chicot de fût de feuillu Chicot de branches de feuillu
	Litière	Litière aérienne très rapide Litière aérienne lente
Sols	Matière organique du sol	Souterrain très rapide[a] Souterrain lent Carbone noir[b] Tourbe[b]

Notes :
a. Le réservoir souterrain très rapide comprend les radicelles mortes et en décomposition, qui, dans la pratique, sont inséparables du sol.
b. Actuellement, le carbone noir et la tourbe ne sont pas estimés.

Les taux annuels de renouvellement peuvent être très élevés (par exemple 95 % pour le feuillage des arbres feuillus) ou très faibles (par exemple < 1 % pour le bois de fût). Les taux annuels de décomposition à 10 °C varient entre 33 % (pour les réservoirs de MOM très rapides, comme les radicelles mortes) et 0,4 % (pour les réservoirs de sols lents). De plus, ils sont ajustés au moyen des valeurs Q_{10} de la moyenne annuelle de température (Tableau A3.5–3).

Figure A3.5–1 **Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC-SFC3**



Note :
Source : White et al. (2008)

Calibrage et validation des paramètres de renouvellement et de décomposition

Dans les versions précédentes du RIN, les paramètres de décomposition reposaient en grande partie sur des synthèses de la littérature, des paramétrages issus d'autres modèles et le jugement d'experts. L'évaluation basée sur des placettes terrain de l'Inventaire forestier national (IFN) a révélé que, bien que le MBC-SFC3 simule avec précision la biomasse aérienne, il a tendance à surestimer les stocks de carbone dans le bois mort et le sol (Shaw et al., 2014). Pour remédier à cette surestimation, Hararuk et al. (2017) ont appliqué une inversion bayésienne par les méthodes de Monte-Carlo par chaînes de Markov (MCMC) afin de calibrer 45 paramètres régissant la chute de litière, la répartition du carbone dans les racines, le taux de mortalité de celles-ci, le taux de décomposition de la MOM et la sensibilité de celle-ci à la température à l'aide des stocks de carbone mesurés par l'IFN dans six réservoirs de bois mort et de sol. Grâce à cette méthode fondée sur les données, la dépendance à des estimations subjectives s'en est trouvé réduite et la base empirique du modèle, renforcée. Les nouveaux paramètres (Tableau A3.5–4) sont propres à chacun des réservoirs de carbone simulés par le modèle.

Tableau A3.5–3 **Paramètres régissant le renouvellement de la biomasse, l'allométrie racinaire et le taux de mélange du réservoir lent dans le MBC-SFC3**

			Valeurs précédentes	RIN 2026[1]
Renouvellement de la biomasse	Proportion du dépôt de litière provenant des « autres » réservoirs (souches, branches et petits arbres, y compris l'écorce) qui devient des branches de chicots		0,250	0,352
	Taux de chute des tiges provenant des chicots résineux et feuillus		0,032	0,065
	Taux de chute des branches provenant des chicots résineux et feuillus		0,100	0,081
	Taux de mortalité des racines grossières		0,020	0,018
	Taux de mortalité des radicelles		0,641	0,846
	Fraction des racines grossières mortes envoyée vers le réservoir aérien rapide		0,500	0,536
	Fraction des radicelles mortes envoyée vers le réservoir aérien très rapide		0,500	0,664
Allométrie des racines	Paramètres dans l'équation déterminant la biomasse des racines chez les arbres résineux[2]	a	0,222	0,222
	Paramètres dans l'équation déterminant la biomasse des racines chez les arbres feuillus[3]	a	1,576	1,557
		b	0,615	0,615
	Paramètres dans l'équation déterminant la fraction de radicelles[4]	a	0,072	0,066
		b	0,354	0,385
		c	-0,060	-0,055
Taux de mélange du réservoir lent	Taux de transfert de C du réservoir lent aérien vers le réservoir lent souterrain		0,006	0,004

Notes :
1. Les valeurs sont arrondies pour plus de clarté; tous les paramètres ont été utilisés avec précision dans toutes les simulations du MBC.
2. $BS = a \cdot BA$, où BS est la biomasse souterraine (racines) et BA, la biomasse aérienne (Hararuk et al., 2017).
3. $BS = a \cdot BA^b$, où BS est la biomasse souterraine (racines) et BA, la biomasse aérienne (Hararuk et al., 2017).
4. $P_r = a + b \cdot e^{c \cdot BS}$, où P_r est la proportion des radicelles et BS, la biomasse souterraine (racines) (Hararuk et al., 2017).

Tableau A3.5–4 **Paramètres régissant la décomposition de la MOM dans le MBC-SFC3**

		Valeurs précédentes[a]			RIN 2026[a]		
		Taux de décomposition[b]	Q_{10}[c]	Proportion perdue dans l'atmosphère[d]	Taux de décomposition[b]	Q_{10}[c]	Proportion perdue dans l'atmosphère[d]
Bois mort	Aérien rapide	0,14	2,00	0,83	0,22	1,15	0,88
	Souterrain rapide	0,14	2,00	0,83	0,23	1,94	0,82
	Moyen	0,04	2,00	0,83	0,07	1,60	0,79
	Chicot de tige résineux	0,02	2,00	0,83	0,01	1,90	0,53
	Chicot de branches résineux	0,07	2,00	0,83	0,05	2,37	0,47
	Chicot de tige feuillu	0,02	2,00	0,83	0,05	1,77	0,68
	Chicot de branches feuillu	0,07	2,00	0,83	0,07	1,97	0,65
Litière	Aérienne très rapide	0,36	2,65	0,82	0,35	2,37	0,79
	Aaérienne lente	0,02	2,65	1,00	0,02	2,19	1,00
Matière organique du sol	Souterraine très rapide	0,50	2,00	0,83	0,33	1,97	0,65
	Souterraine lente	0,003	1,00	1,00	0,004	1,25	1,00

Notes :
a. Les valeurs sont arrondies pour plus de clarté; tous les paramètres ont été utilisés avec précision dans toutes les simulations du MBC.
b. Taux de décomposition à 10 °C
c. Coefficient de sensibilité à la température (Q_{10})
d. Proportion du carbone décomposé perdu dans l'atmosphère

Croissance des forêts et dynamique du carbone

La simulation considère la croissance comme un processus annuel. Chacun des relevés (environ trois millions) utilisés par les 607 unités analytiques de l'inventaire forestier est associé à une courbe de rendement qui définit la dynamique du volume marchand brut dans le temps. L'affectation d'un relevé de l'inventaire à la courbe appropriée repose sur un ensemble de facteurs de classification, dont la province, la strate écologique, les essences dominantes, la classe de productivité et plusieurs autres qui diffèrent selon les provinces et territoires. Les ensembles de courbes pour chaque province et territoire du Canada s'apparentent à ceux qu'utilisent les organismes de gestion des ressources dans leurs processus de planification forestière. Ces ensembles sont extraits de parcelles d'échantillonnage permanentes ou provisoires, ou d'autres données des inventaires forestiers.

La conversion des courbes de volume marchand brut en courbes de biomasse aérienne se fait à l'aide d'une série d'équations conçues pour l'Inventaire forestier national du Canada (Boudewyn et al., 2007). Calculées pour chaque province ou territoire, chaque écozone, chaque essence dominante ou type de forêt, ces équations estiment la biomasse aérienne de chaque élément de peuplement à partir du calcul du volume du bois de fût marchand (par hectare [ha]). Enfin, les réservoirs de biomasse souterraine sont estimés au moyen d'équations de régression (Li et al., 2003) qui relient la biomasse souterraine à la biomasse aérienne par des rapports système racinaire/système foliacé.

La modélisation des transferts de C déclenchés par les perturbations repose sur le type et la gravité de la perturbation, l'écosystème forestier touché et la région écologique. Pour les besoins de la modélisation, diverses pratiques de conversion des forêts sont également représentées comme des perturbations. L'incidence d'une perturbation est représentée par une matrice de perturbation, qui précise pour un ou plusieurs types de perturbations la proportion de C de chaque réservoir de l'écosystème qui est transférée vers d'autres réservoirs, rejetée dans l'atmosphère ou transférée dans le réservoir des PLR (Figure A6.5–1). Le nombre de matrices de perturbation dépend des données sur les activités existantes (p. ex. la résolution spatio-temporelle des données sur les perturbations) et des connaissances nécessaires pour établir les paramètres de ces matrices pour des régions ou des intensités de perturbations plus précises. Ce nombre peut varier entre 100 et 220 dans une année donnée de rapport.

Sur les terres perturbées, la quantité de C que chaque réservoir émet sous forme de CO_2 au moment de la perturbation, documentée dans chacune des matrices de perturbation, peut être propre au réservoir, au type de forêt, à l'intensité de la perturbation et à la zone écologique. C'est pourquoi aucun coefficient d'émission de CO_2 ne vaut pour toutes les perturbations d'un type donné, comme les incendies. À quelques exceptions près, la proportion de C total émis dans chaque GES qui renferme du C (CO_2, CO et CH_4) associé à des incendies demeure constante : 90 % du C est émis sous forme de CO_2, 9 % sous forme de CO et 1 % sous forme de CH_4 (Cofer et al., 1998; Kasischke et Bruhwiler, 2003).

Les émissions de C émises sous forme de CO s'oxydent dans l'atmosphère, ce qui émet indirectement du CO_2. Les quantités de C émises comme CO et CO_2 indirect sont calculées en multipliant respectivement le C total par 28/12 et 44/12. Plus de détails sur la déclaration de ces émissions de CO_2 indirectes sont présentés au Chapitre 6 et dans l'Annexe 7.

Bien que le MBC-SFC3 permette de modéliser les flux de C à plusieurs échelles spatiales, il faut harmoniser, intégrer et assimiler d'énormes quantités de données provenant de nombreuses sources pour arriver à produire des estimations nationales. La section A3.5.2.2 présente les principales sources de données utilisées.

Régénération après un feu de forêt

Des analyses effectuées au moyen de techniques de télédétection ont révélé que la régénération de certaines parties gravement perturbées de la forêt peut être retardée (White et al., 2017; White et al., 2022). Sur la base de ces observations, une estimation des retards de régénération régionaux moyens (à l'échelle des UR) a été réalisée et appliquée à 25 % de la superficie brûlée chaque année par les feux de forêt, grâce aux renseignements issus des données de télédétection à l'échelle nationale (Hafer et al., 2022; White et al., 2017; White et al., 2022). Les 75 % restants des superficies brûlées commencent immédiatement à repousser dès l'âge 0 sur la courbe de rendement précédant la perturbation. Cette approche donne une estimation de l'échelle du retard de régénération et des répercussions de ce retard sur les flux nets dans les forêts aménagées

Reboisement

La représentation des activités de reboisement dans l'inventaire des GES se fait au moyen de certaines méthodes qui correspondent à celles utilisées pour les activités de boisement (voir la section A3.5.2.5) et d'autres approches qui, elles, sont bien différentes. Une différence fondamentale est que le reboisement se fait sur des terres qui étaient boisées antérieurement, et qui doivent donc être incorporées à l'infrastructure de projet actuelle du SNSCPRCF afin d'assurer la cohérence avec les inventaires forestiers provinciaux et territoriaux et d'éviter des situations compliquées de double comptabilisation.

La prémisse fondamentale des activités de reboisement est qu'elles se déroulent sur des terres boisées qui ne se régénèrent pas naturellement de manière optimale (p. ex. rétablissement retardé, faible densité et faible résilience des arbres). De 2021 à 2024, la majeure partie du reboisement visait des forêts brûlées dont le rétablissement naturel n'était pas anticipé en raison de la gravité de certains incendies et des conséquences sur les réserves de semences et la qualité des sols. Une hypothèse a été posée pour simplifier, selon laquelle l'ensemble des activités de reboisement sont réalisées dans des forêts antérieurement brûlées en situation de régénération retardée (voir la section *Régénération après un feu de forêt*). Le retard de régénération post-incendie est vu comme une première approximation acceptable pour les forêts qui ne se régénèrent pas naturellement. Lorsque la superficie en situation de régénération retardée était insuffisante, le reboisement a été effectué dans les secteurs où la biomasse n'avait pas atteint un certain seuil. En se fondant sur les registres de préparation des sites, une catégorie de traitement des résidus et un degré d'intensité de préparation du sol ont été assignés aux épisodes de reboisement. Dix-sept nouveaux types de perturbations ainsi que les matrices de perturbation associées ont été créés pour représenter l'éventail des combinaisons possibles de préparation des sites. Davantage de précisions se trouvent dans la publication de Hafer et al. (2022).

Drainage forestier

Le drainage forestier sert à abaisser la nappe phréatique, ce qui améliore l'aération du sol et favorise le développement des racines et la croissance des arbres dans les sols organiques à faible productivité. Une consultation menée auprès d'experts de l'industrie forestière et un examen approfondi de la documentation effectué en 2015 et en 2016 ont laissé entendre que le Québec était la seule province au Canada où le drainage forestier opérationnel des sols organiques était pratiqué (Gillies, 2016). Ce traitement sylvicole a été mené entre les années 1980 et le milieu des années 2010 dans un faible pourcentage de tourbières correspondant à trois UR (11, 12 et 15), tant sur des terres privées que sur des terres publiques. Le drainage forestier a progressivement diminué depuis 2003 en raison de la fin des subventions gouvernementales et de la modification du régime d'aménagement forestier du Québec.

Les données sur le drainage forestier ont été compilées à partir de documents historiques, de consultations d'experts et de statistiques provinciales en vue d'élaborer une série chronologique de 1980 à 2018 sur les superficies annuelles de tourbières drainées en milieu forestier dans les forêts privées et publiques du Québec. Les statistiques provinciales (gouvernement du Québec, 2021) étaient disponibles par région administrative (RA) de 1994 à 2008 et pour l'ensemble de la province de 1986 à 1993, et de 2009 à 2017. Il a été a supposé que les données sur le drainage de 1980 à 1985 étaient constantes, ce qui a donné lieu à une superficie drainée cumulative équivalente à la valeur de 1986 déclarée dans les statistiques du Québec et qui correspond aux valeurs citées dans Hillman (1987). En raison de l'absence de données sur les activités de drainage pour 2018 (gouvernement du Québec, 2021) et du fait qu'aucune zone n'a été drainée en 2016 et en 2017, il a été supposé qu'aucune zone n'a été drainée après 2017. Les estimations relatives aux zones drainées par RA (1994–2008) ont été associées aux trois UR en y superposant les régions administratives de manière à obtenir une moyenne à pondération spatiale pour la zone qui a été appliquée aux valeurs provinciales pour toutes les années.

Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant des sols organiques drainés ont été calculées à l'aide d'une méthode de Niveau 1 et des coefficients d'émission des tableaux 2.1, 2.2 et 3, respectivement, du Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : Terres humides (GIEC, 2014). Les coefficients d'émission sont associés aux zones climatiques tempérées (UR 11 et 12) et boréales (UR 15). La fraction de la superficie de la zone où l'on retrouve des fossés a également été déterminée à l'aide des valeurs par défaut relatives aux fossés de drainage qui se trouvent dans le Tableau 2.3 du Supplément 2013 sur les Terres humides (GIEC, 2014).

A3.5.2.2. Sources des données

Terres forestières aménagées

Au Canada, les forêts sont réparties dans deux catégories : « forêts aménagées » et « forêts non aménagées », d'après la fréquence des activités d'aménagement visant la récolte de bois d'œuvre ou d'autres produits du bois et le degré de protection contre des perturbations (Figure A3.5–2). Des forêts aménagées se trouvent dans l'ensemble des provinces et des territoires du Canada, sauf au Nunavut (Figure A3.5–3). Pour estimer la superficie de forêts aménagées, il a fallu procéder à la délimitation spatiale et à la combinaison des limites de nombreuses zones forestières différentes. Parmi celles-ci, se trouve l'ensemble des unités d'aménagement forestier exploitées, les zones d'approvisionnement en bois d'œuvre, les concessions de fermes forestières, les terres boisées industrielles en franche tenure, les terres boisées privées, et les autres terres de la catégorie Terres forestières qui font l'objet d'un aménagement actif des ressources en bois d'œuvre et d'autres ressources, de même que les autres zones forestières faisant l'objet de mesures de protection intensive contre les perturbations naturelles. Toutes ces couches sont regroupées et recoupées avec les données d'inventaire forestier sous-jacentes. Les procédures sont documentées dans Stinson et al. (2011).

La procédure d'initialisation du modèle MBC-SFC3 (Kurz et al., 2009) établit les stocks de carbone de la matière organique morte aérienne et souterraine à l'état stable, puis simule une dernière perturbation de remplacement du peuplement (récolte ou incendie) pour chaque registre d'inventaire, ce qui donne lieu à une distribution initiale des classes d'âge qui s'accorde avec les registres d'inventaire forestier actuels de la fin de 1989 et qui établit subséquemment les conditions initiales de tous les stocks de carbone pour chaque exécution du modèle MBC-SFC3. Le choix de la dernière perturbation de remplacement a un effet sur la proportion relative de carbone dans différents bassins de matière organique morte au début de la simulation (voir la section A3.5.2.1), ce qui a donc un effet important sur les émissions résiduelles associées à la décomposition. En outre, le fait que la dernière perturbation de remplacement du peuplement avant 1990 soit présumée être le feu ou la récolte détermine également si le peuplement sera inclus dans la partition naturelle ou anthropique de la forêt aménagée, ce qui aura aussi un effet sur la superficie initiale de forêt soumise à des perturbations anthropiques (Figure A3.5–2). Pour la plupart des territoires au sein du Canada, où la récolte et les incendies représentent toutes deux des perturbations importantes, les sources de données d'avant 1990 qui sont les plus fiables sont les registres de récoltes forestières provinciaux. Par conséquent, pour les provinces de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, de l'Ontario et du Québec, les données historiques sur la récolte sont utilisées pour attribuer la proportion de peuplements dont la récolte est la dernière perturbation de remplacement du peuplement avant 1990, et le reste des peuplements forestiers dans ces provinces sont présumés avoir historiquement eu le feu pour origine (Kurz et al., 2024). Pour certains territoires, il est présumé que toutes les perturbations avant 1990 sont causées à 100 % par le feu (Labrador, Yukon et Territoires du Nord-Ouest), ou par la récolte (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse et Île-du-Prince-Édouard), selon le type de perturbation le plus probable dans ces régions (Kurz et Apps, 1999). Dans le cas de Terre-Neuve et du Manitoba,

le modèle MBC-SFC3 a utilisé une combinaison de données historiques sur les incendies et la récolte pour attribuer la proportion de la superficie forestière dont les incendies (Kurz et Apps, 1999) représentent la dernière perturbation de remplacement du peuplement avant 1990 (Kurz et al., 1999), puisque des mises à jour de l'inventaire forestier sont nécessaires avant que les données historiques sur la récolte puissent être utilisées pour établir l'hypothèse par défaut pour ces territoires (Tableau A3.5–5).

Les activités d'aménagement forestier suivant 1989 sont documentées dans la Base de données nationale sur les forêts[3], et, tel que requis, d'autres renseignements sur des activités bien précises ont été obtenus directement auprès des organismes provinciaux et territoriaux responsables de l'aménagement des forêts. Les gouvernements provinciaux et territoriaux du Canada, dont le champ de compétence englobe la gestion des ressources naturelles, fournissent des données essentielles, notamment des données détaillées d'inventaires forestiers et des précisions sur les activités et les méthodes d'aménagement des forêts, de l'information sur les perturbations, y compris leur prévention ou leur maîtrise, des tableaux de rendement régionaux (courbe de volume/âge), des indices relatifs aux sites et une expertise régionale (Tableau A3.5–5). Les données de l'IFN du Canada (Power et Gillis, 2006) ont été utilisées pour le Nouveau-Brunswick, le Manitoba, la Saskatchewan, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Les provinces de l'Île-du-Prince-Édouard, de Terre-Neuve-et-Labrador, de la Nouvelle-Écosse, du Québec, de l'Ontario, de la Colombie-Britannique et de l'Alberta ont fourni des données d'inventaire plus récentes et à plus haute résolution. Une série de « documents méthodologiques » décrivent le processus de compilation pour chaque inventaire forestier provincial ou territorial. Comme les données des inventaires forestiers n'ont pas toutes été recueillies la même année, il a fallu ajouter des étapes pour synchroniser les données d'inventaire de l'année 1990 (Stinson et al., 2011).

Les données sur les activités de brûlage des déchets de coupe de toutes les provinces, à l'exception de certaines parties de la Colombie-Britannique, pour lesquelles des proportions ont été calculées à partir d'imagerie à haute résolution, proviennent de la Base de données nationale sur les forêts[4]. En Colombie-Britannique, ces données se rapportent au brûlage des déchets de coupe (brûlage extensif, brûlage des rémanents ou une combinaison des deux), mais dans d'autres régions du Canada, elles peuvent aussi comprendre le brûlage dirigé pour la gestion des combustibles.

La récolte de bois de chauffage résidentiel est une pratique courante au Canada; il est estimé que 93 % du volume de la récolte annuelle de bois de chauffage provient des terres forestières et que le reste provient de régions agricoles boisées et d'arbres sur des terres urbaines. Pour estimer l'impact de cette activité sur le bilan de C des forêts canadiennes, un ensemble de règles a été élaboré pour subdiviser ces volumes en diverses composantes (Hafer et al., 2020; Doyon et al., 2019), à savoir le bois (de résineux, de feuillus et de forêts mixtes) récolté sur des terres forestières, la biomasse ligneuse récoltée sur des terres cultivées, les arbres récoltés sur des terres urbaines (établissements), les granules de bois, et les bûches de bois écologique (les quatre dernières composantes sont modélisées sous PLR; consulter la section A3.5.3). En ce qui a trait aux composantes ciblées qui se rapportent aux terres forestières, une liste a été établie, à partir de données d'enquête, pour les unités analytiques spatiales au sein de chaque UR d'où le bois de chauffage est présumé être récolté.

Tableau A3.5–5 **Principales sources de données utilisées pour déterminer les perturbations forestières avant 1990**

Compétence	Ensemble de données
BC	Données historiques sur les récoltes de 1920 à 1989 (Kurz et al. 1996)
AB	Données historiques sur les récoltes de 1937 à 1989 (Murphy et al. 2006)
SK	Données historiques sur les récoltes de 1899 à 1989 (non publiées, ministère de l'Environnement)
MB	Données historiques sur les récoltes et les incendies (Kurz et al. 1999)
ON	Données historiques sur les récoltes de 1867 à 1989 (Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2007)
QC	Données historiques sur les récoltes de 1920 à 1989 (Récolte et autres interventions sylvicoles du Gouvernement du Québec, https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/recolte-et-reboisement)
NB	Récolte présumée à 100 % (Kurz et al. 1999)
NS	Récolte présumée à 100 % (Kurz et al. 1999)
PE	Récolte présumée à 100 % (Kurz et al. 1999)
NL	Données historiques sur les récoltes et les incendies (Kurz et al. 1999)
LA	Incendie de forêt présumé à 100 % (Kurz et al. 1999)
YT	Incendie de forêt présumé à 100 % (Kurz et al. 1999)
NWT	Incendie de forêt présumé à 100 % (Kurz et al. 1999)

3 Base de données nationale sur les forêts, disponible en ligne : http://nfdp.ccfm.org/fr/index.php.

4 D'après l'opinion des experts, le brûlage des déchets de coupe en Colombie-Britannique se pratique dans 15 % des zones récoltées par coupe à blanc en zone côtière, et dans 59 % des zones récoltées par coupe à blanc ailleurs dans la province.

Les pratiques régionales de récolte de bois de chauffage au Canada sont représentées dans le MBC-SFC3, et les paramètres du tableau des perturbations qui varient selon les régions ont été entrés dans le modèle pour les trois zones conceptuelles de récolte de bois de chauffage suivantes : i) la forêt mixte acadienne, qui comprend les écozones Maritime de l'Atlantique et Plaines à forêts mixtes; ii) les zones agricoles, qui comprennent les écozones des Prairies semi-arides et subhumides; et iii) la forêt boréale et montagneuse, qui comprend toutes les autres écozones forestières. La récolte de bois de chauffage dans les zones de forêt mixte acadienne et les zones agricoles est présumée se faire par éclaircissement léger (retrait de 30 %), tandis que la récolte de bois de chauffage dans la zone de la forêt boréale et montagneuse est présumée se faire par coupe à blanc (retrait de 85 %). Les registres d'inventaire sélectionnés pour la récolte de bois de chauffage sont perturbés en ordre décroissant du contenu total en chicot, pour voir à ce qu'une proportion raisonnable (toutefois non précisée) du bois de chauffage soit récoltée à l'état de bois mort.

Les données sur la biomasse utilisée comme bois de chauffage résidentiel sont tirées des enquêtes sur l'utilisation résidentielle et l'origine du bois. Les sections A3.1.4.1.4 et A3.5.3 du présent rapport fournissent des informations supplémentaires sur ces enquêtes et la méthodologie utilisée pour convertir les données recueillies sur la consommation et l'utilisation en volumes de bois de chauffage. Les zones forestières attribuées exprès à la récolte de bois de chauffage sont déterminées par un exercice de répartition spatiale qui identifie, au sein de chaque UR, les unités forestières précises d'où le bois de chauffage est prélevé selon les unités de recensement de Statistique Canada.

Les données sur les secteurs perturbés par des feux de forêt sont tirées des images composites de la superficie brûlée à l'échelle nationale du Système canadien d'information sur les feux de végétation pour la période de 1990 à l'année d'inventaire en cours (Tableau A3.5–6). Le Système canadien d'information sur les feux de végétation est une combinaison de données de télédétection à résolution faible et moyenne préparées par le Service canadien des forêts (SCF) et de données provenant des organismes de gestion des ressources de toutes les régions du Canada. Il fournit une cartographie détaillée des feux de forêt à l'aide de données obtenues par télédétection à moyenne résolution, lorsqu'elles sont disponibles. Les données provenant d'organismes de gestion des ressources sont placées en deuxième priorité; et les données de télédétection à faible résolution sont utilisées uniquement en l'absence d'autres données de cartographie des incendies.

Les perturbations causées par les insectes font l'objet d'une surveillance par relevé aérien (Tableau A3.5–6), ce qui permet de répertorier la zone touchée par la perturbation et d'attribuer un niveau de gravité d'impact indiquant le taux de mortalité ou de défoliation des arbres. La zone touchée est attribuée à l'unité analytique appropriée et aux espèces hôtes qui s'y trouvent, et la gravité de l'impact se reflète dans les paramètres de la matrice de perturbations appliquée (Kurz et al., 2009).

Les zones drainées en milieu forestier (Tableau A3.5–6) sur des terres privées et publiques du Québec ont été estimées à l'aide de documents historiques, de consultations et de statistiques provinciales. La répartition spatiale des zones par UR a été réalisée à l'aide des statistiques du Québec.

Figure A3.5–2 **Arbre de décision pour le calcul de la superficie des forêts aménagées**

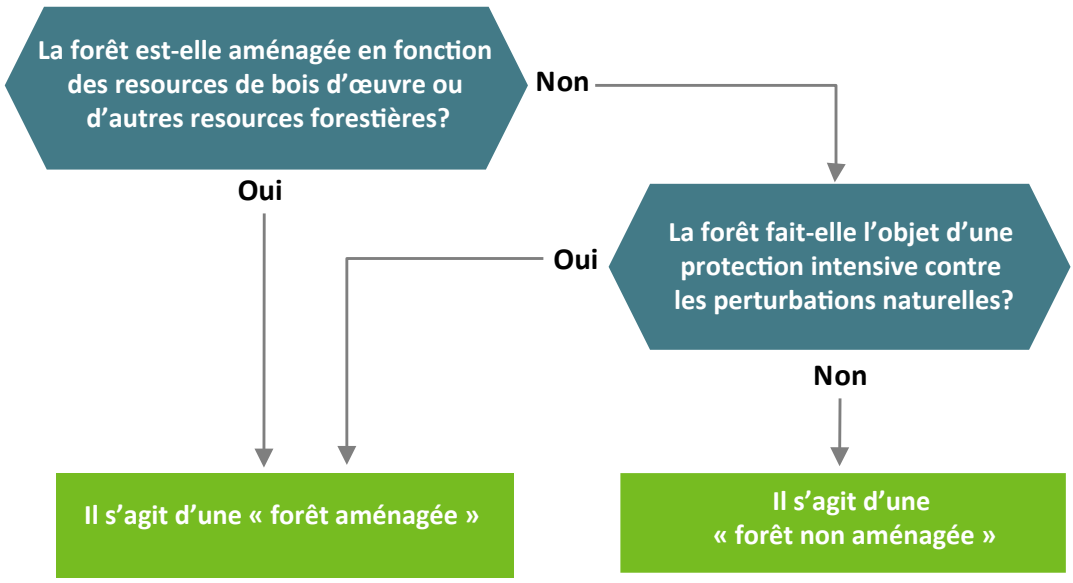


Tableau A3.5–6 **Principales sources d'information et de données sur les forêts aménagées**

Description	Source	Résolution spatiale	Couverture temporelle	Référence
Données climatiques	SCF	Unités analytiques	1961–1990	McKenney et al. 2001
Données des inventaires forestiers et du volume marchand [a]	Inventaire forestier national du Canada (IFCan)	Maille de l'IFCan	1949–2004	Power et Gillis, 2006
	NL	Unités analytiques	1991–2006	Experts provinciaux
	PE	Unités analytiques	2000	Experts provinciaux
	NS	Unités analytiques	2006	Experts provinciaux
	QC	Unités analytiques	2000	Experts provinciaux
	ON	Unités analytiques	2000	Experts provinciaux
	AB [b]	Unités analytiques	1949–1999	Experts provinciaux
	BC	Unités analytiques	2011	Experts provinciaux
Données sur la récolte traditionnelle [c]	Base de données nationale sur les forêts	Limites provinciales	1990–2023	http://nfdp.ccfm.org/fr/index.php
Brûlage dirigé	Base de données nationale sur les forêts, pour les administrations autres que celle de la Colombie-Britannique	Limites provinciales	1990–2021	http://nfdp.ccfm.org/fr/index.php
Brûlage des résidus	BC	Limites infra-provinciales	1990–2024	Experts provinciaux
Données sur la récolte de bois de chauffage résidentiel	Données du secteur de l'énergie sur l'utilisation du bois de chauffage résidentiel	Unités de rapprochement (UR)	1990–2024	Sections A3.1.4.1 et A3.5.3
Données sur la consommation industrielle de bois de chauffage	Données du secteur Énergie pour la consommation industrielle de bois de chauffage	Limites provinciales	1990–2023	Sections A3.1.4.1 et A3.5.3
Données d'incinération des déchets ligneux [d]	Données du secteur des Déchets sur les déchets ligneux	Limites provinciales	1941–2023	Sections A3.6.3 et A3.5.3
Données sur les insectes	Relevé des insectes et des maladies des arbres	Spatialement explicite	1990–2017	Centre de foresterie de l'Atlantique et Centre de foresterie du Pacifique
	NL	Spatialement explicite	2000–2003	Experts provinciaux
	QC	Spatialement explicite	1990–2024	Experts provinciaux; https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/donnees-sur-les-perturbations-naturelles-insecte-tordeuse-des-bourgeons-de-lepinette
	MB	Spatialement explicite	1990–2020	Experts provinciaux et relevés aériens provinciaux de la santé des forêts; Système d'information de la Stratégie nationale de lutte contre les ravageurs forestiers
	SK	Spatialement explicite	1990–2013	Experts provinciaux; Système d'information de la Stratégie nationale de lutte contre les ravageurs forestiers
	AB	Spatialement explicite	1990–2024	Experts provinciaux; relevés aériens de la santé des forêts de l'Alberta
	BC	Spatialement explicite	1990–2024	Experts provinciaux; Relevé des insectes et des maladies des arbres de la Colombie-Britannique
	YT	Spatialement explicite	1994–2018	Experts provinciaux; relevés aériens de la santé des forêts du Yukon
	NT	Spatialement explicite	1990–2024	Experts provinciaux; études sur la santé des forêts des Territoires du Nord-Ouest
Données sur les incendies	Composite national des superficies brûlées	Spatialement explicite	1990–2024	https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/mini-entrepot
Données sur le drainage [e]	QC	Limites de la province de Québec	1980–1985	Experts provinciaux; documents historiques; Hillman, 1987; Gillies, 2016
	Ministère des Forêts, de la Faune et Parcs Québec	Limites de la province de Québec	1986–1994	https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/publications-statistiques-industrie-forestiere/portrait-statistique
	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec	Régions administratives de la province de Québec	1994–2008	https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/publications-statistiques-industrie-forestiere/portrait-statistique
	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec	Limites de la province de Québec	2008–2018	https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/publications-statistiques-industrie-forestiere/portrait-statistique

Notes :

a. Les données de rendement du volume du bois marchand et des inventaires forestiers proviennent de la base nationale de données sur les forêts et/ou d'experts provinciaux, tel qu'il est indiqué.

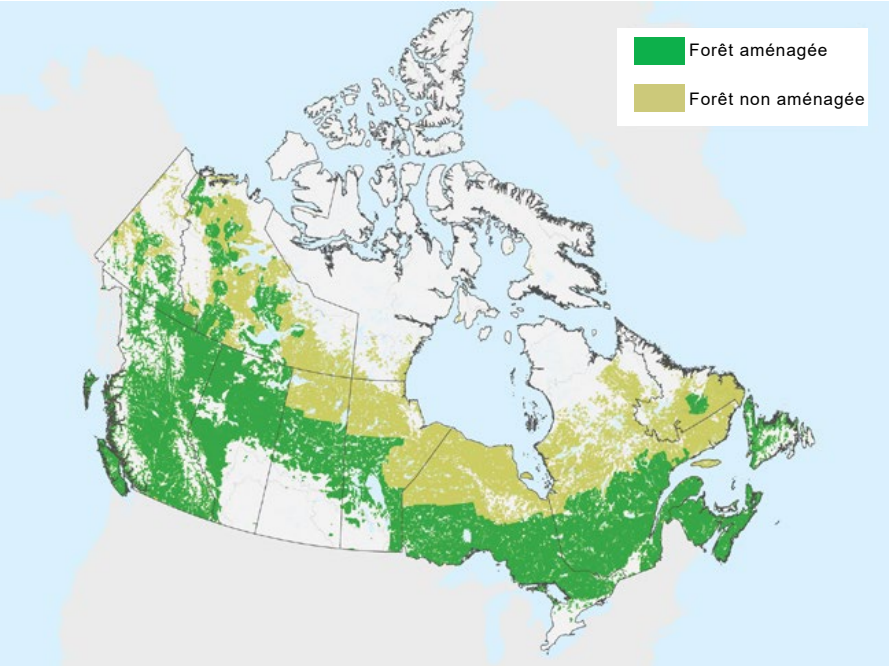
b. La base de données de l'inventaire forestier de l'Alberta comprend les données de l'inventaire forestier provincial pour les zones d'aménagement forestier de la province et les données de l'inventaire IFC pour le restant de la superficie boisée aménagée.

c. Étant donné qu'il n'y a pas de données complètes sur la récolte de la dernière année de déclaration pour toutes les provinces et tous les territoires, on suppose que les données sur la récolte de 2024 sont les mêmes que pour 2023.

d. L'année 1941 représente la série chronologique la plus longue; les dates de début varient selon la région.

e. Aucune nouvelle donnée sur les activités de drainage n'existe pour la province de Québec depuis 2016.

Figure A3.5–3 **Forêts aménagées et non aménagées au Canada**



A3.5.2.3. Quantification des émissions et des absorptions anthropiques

Les variations interannuelles et les tendances des émissions et des absorptions des forêts aménagées au Canada sont dominées par l'impact des incendies et des infestations périodiques d'insectes forestiers, ce qui rend difficile la détection des tendances qui découlent de l'activité humaine dans la forêt (Kurz et al., 2008a, 2018; Stinson et al., 2011; Kurz et al., 2013).

Les Lignes directrices 2006 du GIEC ne fournissent actuellement pas de méthodes par défaut pour séparer les émissions et les absorptions anthropiques de celles qui se produisent en raison de perturbations naturelles. Cependant, la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) apporte des méthodes supplémentaires, une approche générique servant à séparer la contribution des perturbations naturelles dans les déclarations d'émissions et absorptions sur les terres aménagées. La démarche du Canada est incluse comme exemple d'approche méthodologique propre aux pays quant à la séparation des effets anthropiques et des perturbations naturelles sur les terres aménagées. Le MBC-SFC3 a la capacité de suivre et de séparer les émissions et les absorptions des peuplements de forêts aménagées dominées par l'impact de perturbations naturelles importantes et relativement récentes, lesquelles ont masqué le legs de la gestion humaine et affecté la valeur commerciale et les fonctions écologiques du peuplement, de celles du reste de la région soumise à un aménagement actif par l'humain.

Les feux de forêt font l'objet d'un suivi dans la composante des perturbations naturelles parce que les variations annuelles de la superficie totale brûlée au Canada découlent surtout des conditions climatiques et météorologiques. Bien que les incendies d'origine humaine représentent la plus grande proportion des incendies, ils sont responsables de moins de 10 % de la superficie totale brûlée au Canada depuis 1959 (Hanes et al., 2019). Environ 3 % des incendies au Canada sont responsables de 97 % de la superficie brûlée (Stocks et al., 2002; Hanes et al., 2019), et se produisent en général seulement lors de quelques jours critiques lorsque les conditions météorologiques extrêmes sont propices au feu (Wang et al., 2017), peu importe la source d'inflammation. Les incendies causés par la foudre se produisent principalement dans les régions éloignées où les systèmes de détection et de suppression des incendies sont souvent retardés, comparativement aux incendies d'origine humaine, qui se produisent généralement dans des zones plus peuplées où les méthodes de suppression sont exhaustives.

Une méta-analyse récente de douze travaux dendroécologiques de reconstructions de l'histoire des incendies suggère que, depuis 1850, le climat et les conditions météorologiques ont été les principales causes des superficies brûlées dans les forêts nordiques tempérées et boréales de l'Est du Canada, écrasant l'influence des établissements comme sources potentielles d'inflammation et celle de la suppression des incendies (Danneyroles et al., 2021). La prédominance des facteurs climatiques a également été démontrée dans les forêts tempérées et boréales de l'ouest de l'Amérique du Nord (Holden et al., 2018; Gaboriau et al., 2020). De plus, les analyses des tendances montrent que la superficie totale brûlée

chaque année a augmenté dans la majeure partie du Canada depuis 1959, malgré le nombre relativement constant d'incendies causés par les humains (Hanes et al., 2019; Danneyroles et al., 2021). Il a été démontré que les incendies causés par la foudre, qui ont augmenté depuis 1975, expliquent plus de 55 % de la variabilité interannuelle de la superficie brûlée (Veraverbeke et al., 2017). Les incendies ont généralement augmenté au Canada depuis 1980, après une période d'activité relativement faible pendant la majeure partie du XX^{e} siècle. Certaines tendances régionales divergentes ont été observées, mais ces changements étaient habituellement synchronisés dans le temps, ce qui fournit des preuves supplémentaires que les grandes tendances spatiales des conditions atmosphériques étaient des facteurs plus importants par rapport aux changements régionaux dans l'utilisation des terres, l'exploitation forestière et la suppression des incendies qui ont eu lieu à différents moments dans différentes régions (Chavardès et al., 2022).

Des signes d'influence humaine sur l'activité des feux sont encore détectés localement (Robinne et al., 2016; Parisien et al., 2016). Les humains peuvent toutefois exercer une influence négative et positive, à la fois comme agents d'inflammation (accidentellement ou intentionnellement dans le cas des activités de gestion) et en éteignant activement les incendies et en réduisant le combustible. Les effets nets des humains sur la superficie totale brûlée demeurent difficiles à quantifier et à distinguer des autres facteurs et, de manière peut-être plus importante, ces effets demeurent difficiles à généraliser selon une méthodologie cohérente et scientifiquement solide. Par conséquent, l'hypothèse par défaut actuelle voulant que l'activité humaine ait une incidence qui n'est ni positive ni négative sur le régime des feux d'origine naturelle dans l'ensemble du pays évite d'introduire un biais qui n'est pas étayé par des données à long terme et des connaissances scientifiques. Bien que cette méthode permette de suivre séparément les superficies continentales qui sont surtout soumises à des influences naturelles ou anthropiques, l'équilibre évolutif entre ces superficies au fil du temps illustrera bien les tendances à long terme du régime des feux d'origine naturelle des zones forestières aménagées.

Cette méthode de déclaration fait en sorte que les émissions des peuplements touchés par des perturbations naturelles incontrôlables et les absorptions subséquentes dues à la croissance de ces peuplements jusqu'à la maturité sont suivies séparément de celles des peuplements aménagés arrivés à une maturité commerciale, ce qui permet une meilleure distinction entre les émissions et absorptions associées aux actions directes d'aménagement forestier et les émissions et absorptions non anthropiques qui se produisent en raison des perturbations naturelles.

L'historique des activités d'aménagement et des perturbations naturelles dans chaque peuplement (relevé d'inventaire) des forêts aménagées sert à répartir les peuplements dans deux groupes. Les émissions et les absorptions sont jugées comme étant anthropiques i) lorsque la trajectoire de croissance d'un peuplement a été fortement modifiée par l'intervention humaine (cette définition inclut la coupe commerciale et la récolte partielle, l'éclaircie précommerciale et commerciale, la coupe de récupération, la préparation du site, et la remise en état et le reboisement de peuplements qui ont été remplacés ou qui ont subi des perturbations naturelles partielles) et ii) lorsque, indépendamment de son origine, un peuplement a atteint un seuil de maturité commerciale basé sur l'âge et est donc activement pris en compte dans les scénarios de planification d'aménagement forestier (susceptible d'être récolté). Une fois qu'un peuplement issu de perturbations naturelles atteint ce stade, les émissions et les absorptions sont transférées à la catégorie déclarée. Des périodes de retour propres à chaque région, fondées sur les différences régionales dans les pratiques de gestion forestière, la répartition des espèces et la dynamique des peuplements ont servi à les définir (Kurz et al., 2018).

En revanche, les émissions et les absorptions sont désignées comme étant issues de perturbations naturelles lorsqu'elles proviennent de peuplements i) qui ont été remplacés par suite de perturbations naturelles jusqu'à la période où ils atteignent la maturité commerciale, ou ii) qui ont été touchés par une perturbation partielle ayant réduit la biomasse jusqu'à ce que ces peuplements aient atteint une biomasse équivalente à ce qu'elle fût avant la perturbation. Seules les perturbations entraînant une mortalité de plus de 20 % sont incluses dans la catégorie des perturbations naturelles.

Pour élaborer des définitions de la maturité commerciale représentatives à l'échelle régionale, un questionnaire a été distribué aux provinces et aux territoires en mars 2017. L'objectif de ce processus de consultation était de documenter les pratiques d'aménagement forestier dans l'ensemble du Canada, en mettant l'accent sur le traitement des peuplements forestiers touchés par des perturbations naturelles dans la planification opérationnelle. En collaboration avec des experts provinciaux, il a été possible d'établir une période de retour minimale à la maturité commerciale de 45 à 99 ans, et de 76 ans en moyenne. Dans la plupart des cas, les organismes provinciaux ont défini la maturité commerciale des essences en fonction de l'augmentation annuelle moyenne maximale des courbes de rendement propres à des essences pour une catégorie de sites à productivité élevée dans une région donnée. D'autres organismes provinciaux ont utilisé des données empiriques fondées sur l'âge minimal régional observé à la récolte ou un âge permettant d'obtenir une taille précise. Selon l'âge commercial propre à une essence, une période de retour minimale pondérée a été déterminée pour chaque zone de déclaration en fonction de la ventilation proportionnelle des essences commerciales auxquelles il a été attribué un âge d'exploitation minimal, ou un âge de récolte minimal, dans cette zone. Pour de plus amples renseignements sur l'approche méthodologique utilisée pour suivre les émissions anthropiques et les absorptions ainsi que le seuil de maturité commerciale, consulter Kurz et al. (2018).

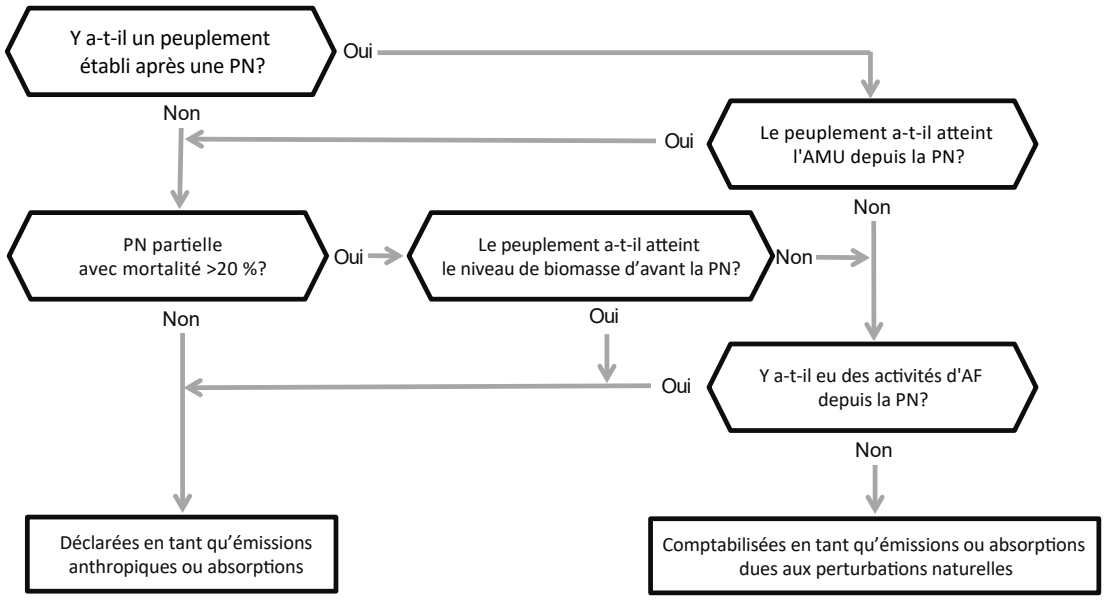
Dans le cadre actuel de la modélisation, les perturbations naturelles partielles se produisent principalement en raison des infestations d'insectes. Dans ces cas, le rétablissement de la biomasse aérienne a été utilisé pour définir la période de récupération, puisque la courbe de croissance du peuplement n'est que temporairement modifiée. Les peuplements soumis à des perturbations liées aux insectes qui causent une mortalité de la biomasse d'au plus 20 % ne sont pas considérés comme étant dominés par des perturbations naturelles. À ce niveau de faible mortalité, les perturbations sont considérées

comme des facteurs qui contribuent à la réduction de la densité du peuplement. Le seuil de 20 % a été établi à des fins pratiques, mais il faudra d'autres recherches sur la dynamique des populations d'insectes pour mieux comprendre les seuils de mortalité qui entraînent des écarts importants par rapport aux trajectoires de croissance antérieures à l'infestation.

Les peuplements dont les émissions et les absorptions sont dominées par la dynamique des perturbations naturelles sont suivis en interrogeant les résultats du modèle selon une approche d'arbre de décision dans laquelle les points de décision clés reposent sur l'origine du peuplement, le type de perturbation (remplacement de peuplement partiel ou total) et une évaluation annuelle de l'état après une perturbation, fondée sur l'atteinte ou non du seuil de la maturité commerciale ou de la biomasse avant la perturbation (Figure A3.5–4).

Après l'exclusion des émissions et des absorptions non anthropiques, les valeurs finales incluses dans le rapport représentent tous les peuplements forestiers des terres forestières aménagées qui ont atteint la maturité commerciale ou dont la courbe de croissance a été modifiée par une activité d'aménagement anthropique directe dans la forêt. La zone dont les données sont temporairement exclues du rapport varie entre +10/-17 millions d'hectares (Mha) puisque les données sur les peuplements touchés par des perturbations naturelles pendant une année spécifique ne figurent pas dans le rapport et que celles sur les terres perturbées historiquement sont de nouveau incluses dans le rapport. Le total de chacune des catégories de peuplement incluses et exclues correspond à la somme des émissions et des absorptions quantifiées à l'aide de la méthode utilisée pour calculer les émissions totales de la forêt aménagée dans les rapports d'inventaire, avant la mise en application de la méthode de déclaration par répartition.

Figure A3.5–4 **Arbre de décision pour différencier les émissions et les absorptions d'origine anthropique et naturelle**



Notes :
PN = Perturbation naturelle
AMU = Âge minimum d'utilisation
AF = Aménagement forestier

A3.5.2.4. Terres converties en terres forestières

Les registres de conversion de terres en terres forestières au Canada étaient disponibles pour 1990–2002 grâce à l'initiative de l'Étude de faisabilité sur le boisement comme mode de séquestration du carbone (White et Kurz, 2005). Les activités de conversion de 1970 à 1989 et de 2003 à 2008 ont été estimées en fonction des taux d'activité observés dans les données de cette initiative. D'autres données provenant du Programme d'évaluation et de démonstration de plantations de Forêt 2020 sont comprises en 2004 et 2005 et un examen environnemental a été réalisé pour relever d'autres sources d'information sur les taux de déboisement de 2000 à 2008. Des données supplémentaires sur les activités de boisement, représentant 13 466 ha de boisement réalisé de 2007 à 2020, ont été obtenues grâce à un accord de partage de données avec « Forests Ontario » (Magnus et al., 2021).

Dans les administrations autres que l'Ontario, aucune donnée sur les activités de boisement pour la période de 2008 à 2020 n'a été trouvée. D'après les variations dans la dynamique de l'affectation des terres au Canada durant cette période, il n'est pas raisonnable de supposer que les récentes activités de boisement sont semblables à celles d'avant 2008. Depuis 2021,

les programmes de boisement fédéraux effectuent le suivi de la plantation, et ces événements sont inclus dans une première estimation des récentes activités de boisement au Canada. Les estimations sont préparées selon une méthode élaborée pour établir et suivre les variations des stocks de C avant la plantation qui résultent de ces activités (Hafer et al., 2022).

Chaque événement de conversion, quels qu'en soient la date, la source, le type ou l'emplacement, a été converti en un relevé d'inventaire pour les besoins des modèles du C. Tous les événements de conversion ont été regroupés en un seul ensemble de données sur les activités de boisement au Canada entre 1970 et l'année d'inventaire en cours. La superficie plantée de 1990 à la dernière année d'inventaire a été stratifiée par écozone, province et essence d'arbre. La superficie totale plantée par province et écozone, parallèlement à la proportion d'essences plantées dans chaque province, a servi à calculer la superficie plantée par essence, ce qui a permis d'estimer la superficie convertie en forêts, par essence, dans chaque UR.

Les courbes de rendement ne sont pas toujours disponibles pour certaines essences plantées ou conditions de croissance (densité relative ou historique du site) ; les courbes utilisées pour estimer les paliers d'accroissement proviennent d'une diversité de sources, notamment directement d'experts provinciaux et d'une collection de courbes de croissance préparée pour Drever et al. (2021). Les courbes de croissance pour les sites de plantation de « Forests Ontario » ont été élaborées à l'aide du modèle de simulation « Forest Vegetation Simulator-Ontario » (Woods et Robinson, 2007), qui constitue une variante du simulateur du Service des forêts des États-Unis adapté pour être utilisé en Ontario. Pour toutes les plantations de boisement, lorsque des essences n'avaient pas de courbe de rendement, celle d'une autre essence présentant des caractéristiques de croissance semblables ou de l'essence qui était la plus susceptible d'avoir été historiquement présente dans ce secteur leur était attribuée. Il était présumé qu'aucune biomasse ligneuse n'était présente sur le site avant le boisement. Les fluctuations des stocks de C dans le sol sont hautement incertaines. Toutefois, la période restreinte sur laquelle porte cette analyse et l'ampleur des activités par rapport à d'autres activités d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres laissent croire que l'impact de ce degré d'incertitude est minime.

A3.5.2.5. Estimation des fluctuations des stocks de carbone, des émissions et des absorptions

Au début de chaque pas de temps annuel, et lorsqu'un événement de boisement ou de conversion des forêts est traité, le MBC-SFC3 commence par attribuer la nouvelle classification d'affectation des terres avant que les impacts soient enregistrés pour que les incidences du changement d'affectation des terres (conversion en forêts et conversion des forêts) soient déclarées dans la nouvelle catégorie de terres. La sélection des peuplements forestiers touchés par les perturbations, liées ou non au changement d'affectation des terres, repose sur certaines règles d'admissibilité (Kurz et al., 2009).

Lorsque le modèle calcule l'effet immédiat des perturbations sur tous les peuplements forestiers, il simule la croissance de la forêt, le dépôt de la litière, le taux de renouvellement et de décomposition de la biomasse, de même que les processus annuels de transferts de C connexes (forêts aménagées, terres converties en forêts et terres forestières converties à d'autres affectations), ce qui inclut à la fois les peuplements boisés et non boisés. Les résultats du modèle désignent les changements dans le stock de C, les flux et les émissions immédiates attribuables au brûlage, à partir desquels il est possible de calculer le bilan net de GES des forêts aménagées. Les flux des composantes incluent la croissance, les émissions immédiates attribuables aux perturbations (fluctuations des stocks de C, et pertes de C dans l'atmosphère et dans les produits forestiers), et la décomposition à la fois de la MOM et de la matière organique du sol, notamment dans les peuplements affectés par les perturbations. À cette étape, les relevés d'inventaire qui se trouvaient dans une catégorie comportant une conversion des terres à d'autres affectations depuis 20 ans (10 ans dans le cas des terres converties en réservoirs) passent à la catégorie des terres dont la vocation n'a pas changé qui correspond à sa dernière vocation. La simulation de la dynamique du C (en général une décomposition) continue alors dans cette nouvelle catégorie.

Lorsque des Terres cultivées sont boisées, le MBC-SFC3 estime les changements des stocks de C de la biomasse et les émissions ou réductions résultantes dans les Terres forestières. Cependant, les stocks de C de la biomasse perdus et émis des terres cultivées avant le boisement durant l'année de conversion sont estimés à l'aide d'une méthode de Niveau 2. Dans le cas des Terres cultivées, les valeurs de biomasse propres à chacun des pays ont été estimées en fonction du rendement des grains, de l'indice de récolte et du rapport racines/parties aériennes (Fan et al., 2017 ; Jansen et al., 2003 ; Thiagarajan et al., 2018), en concordance avec la méthode liée au COS. Les émissions et absorptions nettes causées par les changements de biomasse en raison du boisement sont calculées comme étant la différence entre les stocks de C de la biomasse dans les Terres cultivées et dans les Terres forestières lors de l'année de conversion.

Les mêmes données de sortie (à l'exception de la croissance des arbres) sont disponibles au sujet des terres forestières converties, mais sont déclarées dans la nouvelle sous-catégorie, par exemple les Terres forestières converties en terres cultivées (Tableau 4.B des TCD, sous-catégorie 2.a), les Terres converties en terres humides (Tableau 4.D des TCD, sous-catégories 2.a et 2.b.i) et les Terres forestières converties en établissements (Tableau 4.E des TCD, sous-catégorie 2.a). L'estimation des émissions issues de la matière organique du sol des Terres forestières converties en terres cultivées et des sites d'extraction de tourbe fait exception, puisqu'elle est établie séparément ; les méthodes sont décrites aux sections A3.5.4.3 et A3.5.6.1. De même, les méthodes d'estimation des émissions (par opposition aux fluctuations des stocks de C) issues des Terres forestières converties en terres submergées sont décrites à la section A3.5.6.2 et les méthodes d'estimation des émissions attribuables à l'utilisation et à l'élimination des produits forestiers sont décrites à la section A3.5.3.

A3.5.2.6. Degré d'incertitude

Les recommandations en matière de bonnes pratiques préconisent l'utilisation de méthodes numériques pour l'évaluation des incertitudes au moyen des cadres de modélisations complexes avec interactions multiples entre les données et les paramètres. Ces méthodes nécessitent beaucoup de données et les exigences de calculs peuvent rapidement devenir un facteur limitatif. Les paramètres des modèles et les données d'entrée n'ont pas tous une incidence similaire sur les sorties des modèles. Il est donc important de rechercher un équilibre entre la capacité de calcul disponible et l'inclusion dans l'évaluation de l'incertitude de données d'entrée, de paramètres et d'autres fonctions, pouvant influer considérablement sur les résultats des modèles.

Deux méthodes d'évaluation des incertitudes sont utilisées : le calcul complet et l'extrapolation. Le calcul complet est un processus exigeant sur le plan des ressources de traitement, et comporte des simulations de Monte-Carlo comme celles décrites par Metsaranta et al. (2017). Ce processus a servi à la préparation des rapports de 2018 et de 2021. Lors des années intermédiaires (et pour le présent rapport de 2026), des méthodes d'extrapolation statistique ont été utilisées à la place. Ces méthodes comportent une suite de modèles de régressions linéaires multiples, élaborés à partir d'une analyse de Monte-Carlo complète réalisée au moyen de la valeur déclarée pour une catégorie et de l'année de déclaration afin de prédire les quantiles d'incertitude pertinents (le 2,5^{e} et le 97,5^{e}). Les valeurs déclarées des catégories et les années de déclaration du rapport en cours sont ensuite utilisées pour estimer ces quantiles. Les différences entre les quantiles obtenus par analyse complète et ceux obtenus par extrapolation sont généralement très petites. La décision de procéder à une analyse complète pour un rapport donné dépend de plusieurs facteurs, dont la disponibilité des ressources et le type et l'importance des changements dans les données qui sont mis en œuvre.

L'approche générale pour évaluer l'incertitude souligne le fait que les données d'entrée et les paramètres du modèle sont les principales sources d'incertitude. Les sources d'incertitude particulières sont les données des inventaires forestiers, les paramètres des modèles d'une grande influence et l'initialisation des stocks de C dans le sol et de la MOM avant d'exécuter le modèle. Des étapes de répartition aléatoire additionnelles sont également incluses dans l'élaboration des intervalles de confiance, et ce, en sélectionnant de façon aléatoire 10 000 échantillons des résultats de 100 analyses de Monte-Carlo à l'échelle nationale (Metsaranta et al., 2017). Toutes les sources d'incertitude n'ont pas été prises en compte. L'analyse n'a surtout pas tenu compte de l'impact des processus qui ne sont pas simulés pour le moment (Kurz et al., 2013). Les résultats ne doivent donc pas servir à évaluer les biais potentiels (ou l'exactitude) des estimations. Les paragraphes suivants présentent des détails sur la caractérisation des sources d'incertitude.

Les données des inventaires forestiers utilisées dans les modèles de simulation répondent à des besoins de planification et d'exploitation. Les méthodes, normes, définitions et niveaux de qualité diffèrent d'une instance à l'autre, selon leurs objectifs. Bien que les différentes techniques et procédures d'inventaire utilisées à travers le pays soient généralement documentées, il est rare que cette documentation contienne une évaluation quantitative de l'incertitude. Bien qu'il soit actuellement impossible de quantifier les incertitudes liées, par exemple, aux superficies de forêts aménagées, les effets de cette source d'incertitude peuvent être indirectement intégrés dans l'incertitude associée à la simulation de l'augmentation de la biomasse. Dans la présente évaluation, un niveau d'incertitude de 50 % est associé à l'augmentation de la biomasse. Celui-ci comprend non seulement les incertitudes associées aux superficies de forêts aménagées, mais aussi celles associées à la répartition des classes d'âge, aux courbes de rendement et aux équations allométriques utilisées pour l'estimation.

Les superficies de forêts aménagées touchées annuellement par des perturbations naturelles et anthropiques ont une grande incidence sur la dynamique du C forestier. Les perturbations influent sur les émissions et les absorptions de C à court terme, ainsi qu'à long terme par la décomposition des résidus et la répartition des classes d'âge. Des incertitudes de 10 % sont présumées pour les superficies de forêts aménagées sujettes chaque année à des incendies, et des incertitudes de 25 % pour celles sujettes à des infestations d'insectes. La superficie totale limitée des tourbières boisées qui ont été drainées laisse supposer que l'incidence de l'incertitude associée à cette activité est minime.

Les incertitudes concernant le C libéré par les produits récoltés sont propres aux régions et incorporent des plages d'erreur associées au volume récolté (±1 %), ainsi que des écarts types associés à la densité du bois rond et au facteur d'ajustement pour l'écorce (Tableau A3.5–7). Aucune erreur n'a été présumée pour la proportion de C de la biomasse. Le coefficient annuel de variation a été multiplié par deux afin d'approximer une distribution normale au moyen d'une distribution triangulaire.

L'évaluation établit également les incertitudes liées aux émissions découlant de la conversion des forêts. Ces incertitudes sont ensuite utilisées dans les évaluations de Niveau 1 de l'incertitude associée aux estimations nationales, conjointement avec le taux d'incertitude de 30 % pour les zones converties chaque année, également utilisé dans cette analyse. La section de cette annexe portant sur la conversion des forêts donne une description du calcul de cette valeur (voir la section A3.5.2.7).

Les réservoirs du sol et de MOM contiennent un volume important de C. Des travaux précédents ont montré que les stocks initiaux de C dans la MOM, au début d'une simulation complète, sont sensibles aux taux de perturbations antérieurs. Dans la présente évaluation, la modification des intervalles de récurrence des feux antérieurs (avant 1990) pouvait entraîner des variations des stocks initiaux de C dans les réservoirs du sol et de MOM. Même si les taux de décomposition modélisés de la matière organique du sol par les processus annuels sont infimes, en raison de la taille des réservoirs et des superficies boisées, ils influent fortement sur les émissions attribuables aux processus annuels.

Dans la présente analyse, 28 paramètres pouvaient varier dans les analyses de Monte-Carlo :

- le taux de décomposition de base pour les réservoirs de MOM (11 paramètres);
- la proportion de matériel décomposé qui est oxydé comparativement au matériel qui est transféré dans un autre réservoir de MOM (5 paramètres);
- le taux de renouvellement des réservoirs de biomasse (12 paramètres).

Faute d'indications probantes pour étayer des fonctions plus complexes, toutes les fonctions de distribution des probabilités des données d'entrée sont présumées être des distributions triangulaires en ce qui a trait à l'augmentation de la biomasse, les données sur les activités sur les perturbations humaines et naturelles et les paramètres de décomposition. Une fonction de la distribution de probabilité gamma est utilisée pour les intervalles de feux (Metsaranta et al., 2014).

L'incertitude significative dans la modélisation pourrait résulter de la sélection aléatoire de peuplements d'arbres sujets à des perturbations dues aux incendies et au déboisement (Kurz et al., 2008b), laquelle interagit avec l'incertitude associée aux données des inventaires forestiers. L'analyse tient compte de l'effet aléatoire des algorithmes de sélection des peuplements, en permettant l'initialisation de ces algorithmes au moyen de différentes valeurs de départ.

Il est important de noter les interactions entre les données d'entrée et les paramètres. Par exemple, l'incertitude associée à l'âge d'un peuplement forestier (ou structure de classe d'âge d'un paysage forestier) peut influer sur la simulation de la productivité du peuplement (ou paysage), selon les courbes de rendement et l'emplacement d'une catégorie d'âge donnée le long de ces courbes. Les émissions attribuables aux perturbations (y compris la conversion des forêts en d'autres catégories de terres) sont régies non seulement par les zones touchées, mais aussi par les stocks de C présents avant la conversion, les paramètres des matrices de perturbation qui répartissent le C entre les réservoirs ou les « rejets » dans l'atmosphère, et les taux de décomposition après la conversion. Par conséquent, il est impossible d'établir les incertitudes associées aux estimations simplement en combinant les incertitudes sur les données sur les activités et celles sur les coefficients d'émission.

Des estimations de l'incertitude sont établies à la fois pour les émissions et les absorptions déclarées représentant des facteurs anthropiques et pour les émissions et les absorptions non déclarées associées à des perturbations naturelles. Les années où il n'y a pas de variation importante, aucune analyse approfondie de l'incertitude au moyen de la simulation de Monte-Carlo n'est réalisée. À la place, une extrapolation statistique des intervalles de confiance de chaque catégorie du rapport en cours est effectuée pour les estimations concernant la forêt et les PLR. Ces extrapolations font appel aux données des rapports antérieurs, dans lesquels les estimations numériques des incertitudes ont été déterminées au moyen de simulations de Monte-Carlo, comme expliqué précédemment et décrit plus en détail dans Metsaranta et al. (2017, 2020). Les estimations totales de l'incertitude sont attribuées aux catégories déclarées et non déclarées au moyen des mêmes procédures de catégorisation que celles utilisées pour estimer les valeurs déclarées et exclues (voir la section A3.5.2.3).

Il serait utile de prendre en considération d'autres aspects pour déterminer les effets directs de l'activité humaine, et les incertitudes, en ce qui concerne la dynamique du C forestier. Des améliorations sont prévues au cours des prochaines années, en fonction de l'amélioration des connaissances, des procédures, des mises en œuvre de logiciels et de l'accès à une capacité de calcul supérieure.

Tableau A3.5–7 **Plages d'incertitude pour le carbone des produits ligneux récoltés, par province et territoire du Canada**

Province ou territoire	Multiplicateur minimal	Multiplicateur maximal
Terre-Neuve-et-Labrador	0.96	1.04
Île-du-Prince-Édouard	0,88	1,12
Nouvelle-Écosse	0,88	1,12
Nouveau-Brunswick	0,92	1,08
Québec	0,86	1,14
Ontario	0,92	1,08
Manitoba	0,86	1,14
Saskatchewan	0,92	1,08
Alberta	0,90	1,10
Colombie-Britannique	0,92	1,08
Yukon	0,84	1,16
Territoires du Nord-Ouest	0,74	1,26

Note :
Source : Metsaranta et al. (2014)

A3.5.2.7. Conversion des forêts

Pour tenir compte des effets résiduels à long terme de la conversion des forêts, les taux annuels de conversion des forêts à d'autres affectations à compter de 1970 ont été estimés. La démarche adoptée pour estimer les superficies forestières converties à d'autres affectations avant 2010 reposait sur trois grandes sources de renseignements : l'échantillonnage systématique ou représentatif des images de télédétection, les registres de données et le jugement d'experts. La précision de ces sources a été validée dans le cadre de plusieurs projets pilotes (Leckie, 2006a), et la méthodologie a été mise en pratique partout au Canada. Pour les années qui ont suivi 2010, la méthode d'estimation s'est appuyée sur la cartographie et l'échantillonnage représentatifs des événements de conversion de forêts de grande étendue à partir d'images de télédétection.

La méthode de base consiste à cartographier la conversion des forêts par télédétection sur des échantillons d'images du Landsat datant de 1975, 1990, 2000, 2008, 2013, 2018 et 2023. En faisant ressortir les changements survenus entre deux dates d'images, les secteurs où le couvert forestier a subi des changements sont mis en évidence, ce qui permet de déceler les événements de conversion des forêts (les « événements candidats »). Pour tout événement entraînant un changement supérieur à 1 ha, l'imagerie est délimitée manuellement puis interprétée pour déterminer si la couverture terrestre de l'événement candidat était à l'origine une forêt (au moment 1) et le changement d'affectation des terres réel au moment 2, le cas échéant (Leckie et al., 2002, 2010b).

Cette procédure d'interprétation de la conversion des forêts est fortement étayée par des données de détection spatiale supplémentaires, notamment : des photographies aériennes numérisées; des images satellite hivernales de manteau neigeux et de défoliation; des images satellite secondaires provenant d'autres dates et années; des données auxiliaires, comme les cartes situant les routes, les établissements, les terres humides, la couverture boisée et l'emplacement des mines et des gravières; et enfin des bases de données spécialisées qui indiquent l'emplacement des oléoducs et des gazoducs ainsi que des plateformes d'exploitation (Leckie et al., 2006c; Dyk et al., 2015). Lorsqu'elles sont facilement accessibles, les données détaillées des inventaires forestiers sont également utilisées.

Loin de se limiter aux forêts aménagées, la surveillance des activités de conversion des forêts couvre toutes les terres forestières du Canada (Figure A3.5–3). L'ensemble des zones boisées du Canada a été stratifié en régions selon le niveau prévu de conversion des forêts et la cause dominante, ce qui a déterminé l'intensité d'échantillonnage cible. Selon le profil spatial escompté et les taux de conversion des forêts, les méthodes d'échantillonnage ont varié d'une cartographie détaillée à un échantillonnage systématique sur toute l'unité d'analyse d'intérêt à la sélection représentative de cellules d'échantillonnage dans une maille systématique. Par exemple, dans les zones les plus densément peuplées ou les zones de déforestation active, un taux d'échantillonnage allant jusqu'à 12 % peut être appliqué, avec des mailles de 3,5 km sur 3,5 km aux nœuds d'une grille de 10 km sur 10 km (Figure A3.5–5). Un taux d'échantillonnage plus faible a été utilisé dans certaines zones d'activité forestière caractérisées par une faible densité de la population et où les principales activités économiques sont la foresterie et l'extraction d'autres ressources naturelles. Les cas spéciaux connus et localisés d'activités d'envergure de conversion de forêt sont également définis, comme les réservoirs hydroélectriques et l'exploitation des sables bitumineux de l'Alberta. Dans ces cas, les secteurs au complet sont traités comme des événements isolés (« points chauds » à la Figure A3.5–6), au moyen d'une cartographie spatialement détaillée.

En pratique, les contraintes de ressources limitent la taille de l'échantillon de télédétection. Dans la mesure du possible, un taux d'échantillonnage cible de 12 % ou de 6 % a été atteint. Il est également important de noter que différents taux d'échantillonnage peuvent être appliqués pour chaque période dans le but de suivre les différents taux d'activité entre les périodes. Les superficies totales, qu'elles fassent l'objet d'une cartographie détaillée ou d'un échantillonnage, couvrent une vaste étendue du territoire forestier canadien, soit environ 370 Mha. Cette superficie totale a été cartographiée à différentes périodes, dont plus de 17 Mha pour la période de 1975 à 1990, 41 Mha pour la période de 1990 à 2000, 22 Mha pour la période de 2000 à 2008, 23 Mha pour la période de 2008 à 2013,15 Mha pour période de 2013 à 2018 et 15 Mha pour la période de 2018 à 2023 (Figure A3.5–6). La cartographie des zones échantillonnées et des événements individuels plus vastes est mise à jour selon un cycle d'environ cinq ans et peut être intégrée progressivement pour la période la plus récente.

Les régions du nord du Canada étaient auparavant exclues de l'estimation du Système national de surveillance de la déforestation en raison de la faible activité anticipée. Par conséquent, l'activité de déboisement avait été présumée nulle dans cette région (Dyk et al., 2015). Afin de vérifier le degré d'activité dans le Nord, un projet de cartographie complète du déboisement de l'écozone de la Taïga des plaines des Territoires du Nord-Ouest (UR50) a été entamé, lequel s'appuie sur des ensembles de données sur les perturbations anthropiques. Pendant la période allant de 2013 à 2018, l'UR50 a été traitée au moyen d'une cartographie de toute la région, laquelle a révélé que la déforestation a eu lieu dans cette UR bien qu'elle représente moins de 0,2 % du taux de déboisement annuel du Canada. Ces résultats sont déclarés dans le rapport depuis 2022.

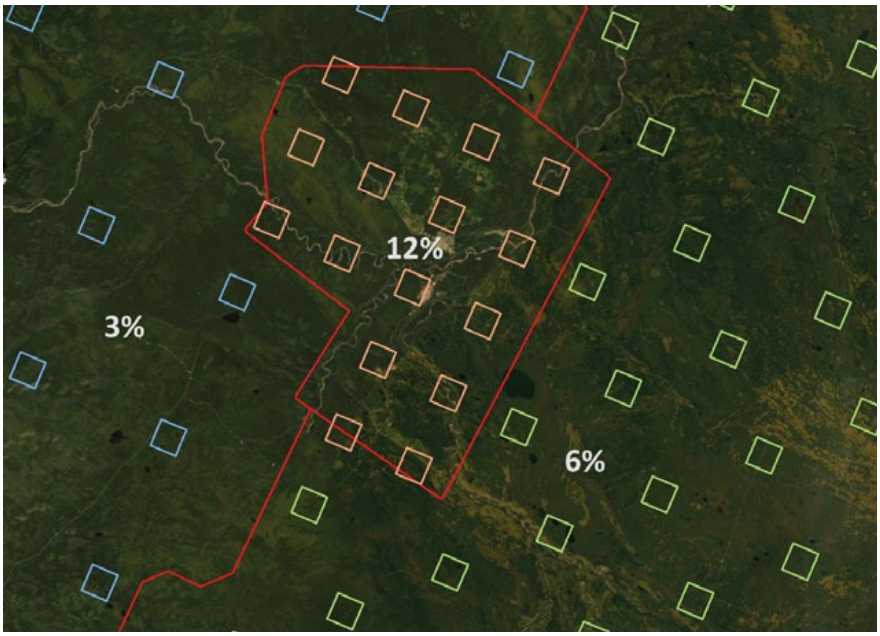
Les données des registres existants ont aussi été rassemblées. Elles consistent surtout en des renseignements sur les chemins forestiers, les lignes de transport d'électricité, les infrastructures pétrolières et gazières et les réservoirs hydroélectriques (Leckie et al., 2006b). Pour déterminer les sources de données (registres ou images) les plus pertinentes, la base de référence repose sur la couverture temporelle, la disponibilité et la pertinence des registres. Des données de registres sont parfois utilisées pour valider les estimations au moyen de l'interprétation d'images. En particulier, de telles

données ont servi lors des premières activités de cartographie en Colombie-Britannique afin de fournir des estimations des activités de conversion pour les lignes de transport d'électricité et les activités pétrolières et gazières. L'interprétation des images de télédétection sert à l'évaluation des secteurs de forêts converties en raison d'un aménagement hydroélectrique.

Lorsque les données des registres ne sont pas disponibles ou qu'elles sont de piètre qualité, ou que l'échantillon de télédétection est insuffisant, l'avis d'experts est sollicité. Le jugement d'experts est aussi mis à contribution pour rapprocher les différences entre les registres et les données de télédétection et pour résoudre les écarts majeurs dans l'estimation de la superficie pour chaque période séquentielle de cartographie (c.-à-d. que les périodes de 1975 à 1990, de 1990 à 2000 et de 2000 à 2008 ainsi que les plus récentes périodes sont mesurées sur un cycle d'environ cinq ans). Dans ces cas ont lieu une comparaison des avis d'experts et des sources de données, un examen des données de télédétection et des données du registre ,et l'interprétation des activités de conversion des forêts (Leckie, 2006b; Leckie et al., 2010a; Dyk et al., 2015). Dans le cas de la plupart des estimations actuelles, et sans doute de celles qui ont eu les incidences les plus marquées, les estimations proviennent directement des échantillons de télédétection.

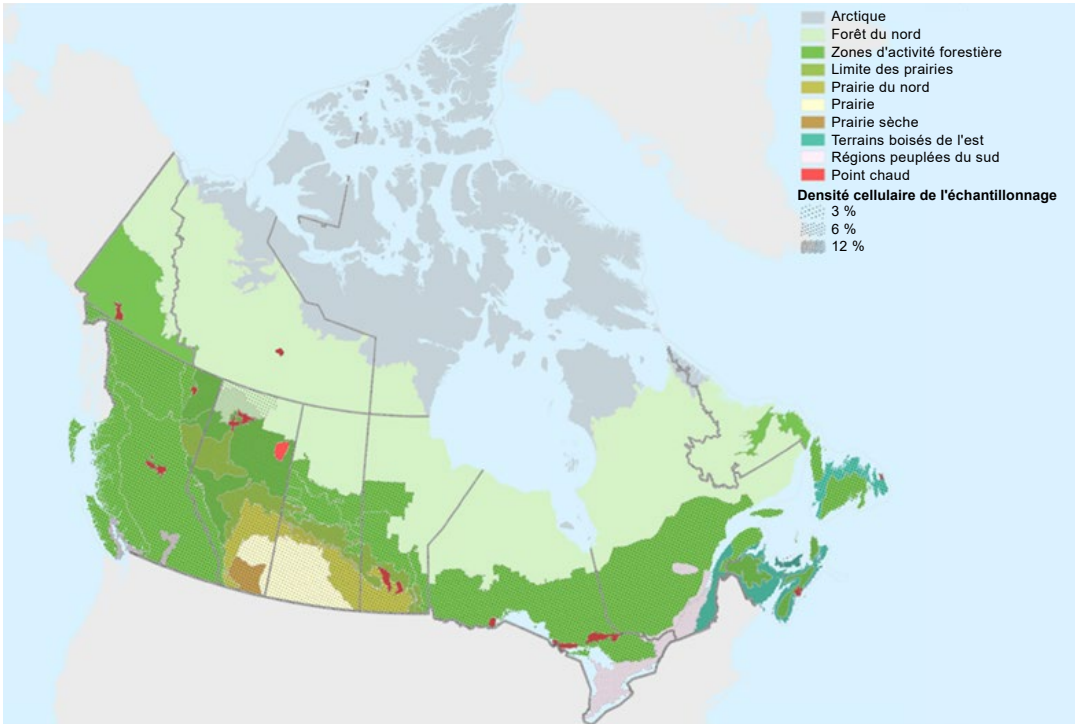
Les données sur les activités sont, dans un premier temps, recueillies et résumées par unités d'analyse, puis tous les événements de conversion sont rassemblés dans une base de données. L'objectif de cette compilation est de résumer les événements afin d'obtenir, pour chaque UR, les classes détaillées suivant la conversion. Ce processus de compilation fait également appel à l'insertion de données des registres et au jugement d'experts. Pendant cette procédure, le taux de conversion des forêts locales (ha-an^{-1}) est obtenu à partir de la compilation des événements, en s'appuyant sur le temps qui s'est écoulé entre les images. Comme les images disponibles ne sont pas forcément d'une année en particulier, les taux couvrent différentes périodes. Ainsi, durant la compilation des données, chaque événement de conversion de forêt est associé à une période et le taux de conversion des forêts correspondant à cette période est attribué. Par exemple, la conversion de 7,0 hectares observée sur les images datant de la période de 1975 à 1989 génère un taux de 0,5 ha an^{-1} (7,0 ha/14 ans), qui est ensuite attribué à la période e 1975à 1990. La superficie totale interprétée dans une unité d'analyse pour cette période sert ensuite à calculer le taux de conversion des forêts relatif ([ha an^{-1}]/km^2 interprété) pour tous les événements du même type. Il s'agit ensuite de mettre les taux relatifs à l'échelle de chaque unité d'analyse. Enfin, les données sont regroupées selon l'utilisation finale des terres (p. ex., les cultures agricoles ou les secteurs résidentiels ruraux), puis résumées selon des catégories plus vastes au moment de la recompilation par UR.

Figure A3.5–5 **Trois taux d'échantillonnage sur des images satellites de cartes de conversion des forêts**



Note :
Image de fond : Secteur près de Fort Nelson, Colombie Britannique (Imagerie mondiale d'ESRI). Au centre, les échantillonnages sont plus nombreux, avec une densité de 12 %; à droite, la densité est de 6 % et, à gauche, les échantillonnages sont plus clairsemés, avec une densité de 3 %.

Figure A3.5–6 **Strates de conversion des forêts et secteurs d'échantillonnage en 2018-2023**



Les données de télédétection proviennent d'images à résolution moyenne qui datent d'environ 1975, 1990, 2000, 2008, 2013, 2018 et 2023, et d'années plus récentes, à mesure que de nouvelles images sont disponibles, tandis que les données des registres sont des données annuelles ou des données résumées pour une période donnée. Comme mentionné précédemment, la méthode de télédétection de base donne, jusqu'ici, six taux moyens distincts de conversion des forêts pour les périodes cartographiées, mais aucune estimation annuelle de ces taux. Pour déterminer des taux annuels de conversion des forêts pour la période de 1970 à l'année d'inventaire actuelle, il faudrait appliquer simultanément deux procédures : i) extrapoler les taux annuels d'avant 1983 d'après le point médian de la plus récente période cartographiée disponible, et ii) effectuer une interpolation linéaire entre les points médians des périodes cartographiées et ceux des analyses récentes achevées au moment de la présentation du rapport (Figure A3.5–7). En plus des données interpolées, il est aussi possible de compter sur les grands événements individuels pour lesquels des informations sur les perturbations sont disponibles par l'entremise de registres ou d'activités de cartographie détaillée, par exemple, les réservoirs hydroélectriques.

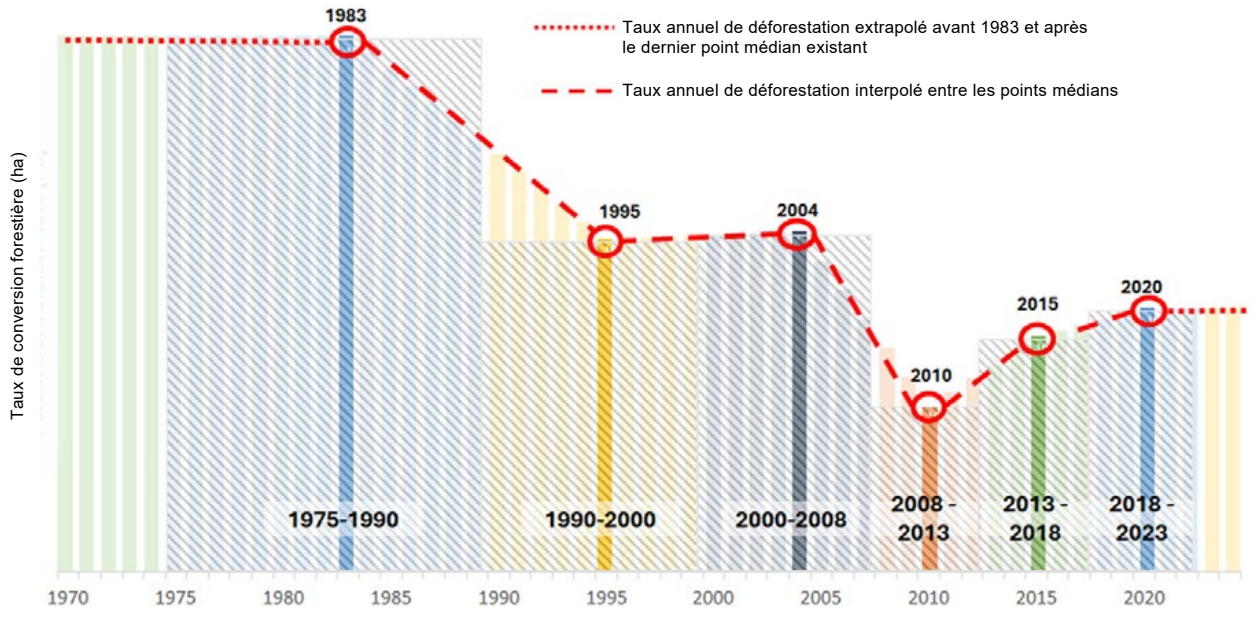
Assurance et contrôle de la qualité des données sur la conversion des forêts

Un grand soin a été apporté à l'analyse des données des registres, leur pertinence et leurs limites. Leur provenance a été examinée, le personnel ayant participé à la gestion et à la mise en œuvre de la collecte et du stockage des données a été interrogé et, lorsque cela était possible, les chiffres ont été vérifiés par rapport à des sources de données indépendantes, à l'échantillon d'images à haute résolution et aux connaissances des experts.

L'interprétation des images obtenues par télédétection se fait selon une procédure définie (Leckie et al., 2010b; Dyk et al., 2015), même si elle est réalisée par divers organismes, dont des groupes de foresterie ou de géomatique des gouvernements provinciaux, des entreprises de télédétection ou de cartographie, des organismes de recherche et développement et les experts internes du gouvernement. La procédure de base pour le contrôle de qualité de l'analyse des images comprend des contrôles de qualité effectués au sein même de l'organisme ou de la société de cartographie par un employé de rang supérieur, l'assurance de la qualité réalisée durant l'interprétation, en temps réel, par des spécialistes du SCF qui communiquent leurs commentaires dans les jours qui suivent l'interprétation de chaque secteur, et une assurance de la qualité et une vérification finale de l'interprétation des données, réalisée par le SCF. Une validation sur le terrain est réalisée en continu selon la disponibilité de ressources. Chaque point de contrôle de la qualité et de révision est consigné dans la base de données du système d'information géographique (SIG) sur les événements de conversion (Dyk et al., 2015).

Les rapports de décision sur les données utilisées, le jugement d'experts et la conciliation des données contradictoires de chaque nouveau rapport sont documentés dans la base de données de traitement global (Leckie, 2006b) et ont été mis à jour (Dyk et al., 2015). La provenance et les limites des données sont enregistrées, et les données et les interprétations de télédétection archivées.

Figure A3.5–7 **Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts**



Degré d'incertitude des données sur la conversion des forêts

Le calcul des marges d'incertitude associées aux données de conversion des forêts est une tâche complexe et difficile en raison de la variabilité spatiale et temporelle de ces données. Comparativement aux estimations antérieures sur la déforestation, les estimations actuelles bénéficient de plusieurs années d'expérience et de connaissances acquises grâce au calcul des estimations précédentes (Leckie, 2011; Dyk et al., 2015). Les améliorations apportées comprennent celles-ci :

- un ensemble de données élargi comprenant des données additionnelles d'observation de la Terre (OT); Landsat, Sentinel 2, Rapid-Eye, SPOT-5, photographies aériennes et images satellite à haute résolution;
- l'agrandissement de la superficie échantillonnée pour les secteurs ciblés et d'autres secteurs;
- l'analyse et la validation des données de registres au moyen d'images à haute résolution (par exemple, perturbations connexes issues des pipelines et des routes d'accès);
- la prolongation de la couverture temporelle jusqu'à la période la plus récente;
- l'examen de la série chronologique sur la déforestation à la période 1970–2004, fondé sur des analyses spatiales plus récentes
- la validation des ensembles de données sur les perturbations anthropiques dans le nord du Canada;
- l'acquisition de connaissances découlant d'une plus grande expérience et de l'expertise acquise durant les activités d'examen et de validation du contrôle de la qualité.

Ces améliorations permettent une meilleure détection, délimitation et détermination de la taille et de la cause des événements, et elles permettent aussi d'estimer plus précisément le moment de la survenue des événements de conversion.

Deux approches d'estimation des incertitudes ont été prises en compte, l'une empirique et l'autre, analytique. L'estimation obtenue repose sur ces approches, et elle représente une estimation de l'incertitude associée aux estimations de la superficie des activités. Les sources additionnelles d'incertitude liée aux types de forêts converties, à la catégorie des terres après la conversion et au moment de la conversion ne sont pas prises en compte.

L'approche empirique vise à évaluer l'incertitude globale liée à l'estimation de la conversion des forêts. Elle fournit une estimation de l'incertitude qui tient compte de l'ensemble des diverses composantes de l'incertitude et de leurs interactions potentielles.

L'estimation empirique de l'incertitude a été élaborée en estimant les valeurs extrêmement faibles, faibles, élevées et extrêmement élevées du taux de conversion des forêts, pour chaque UR et chaque classe d'utilisation finale. Ces estimations reposaient sur les connaissances des experts concernant les activités et les pratiques à l'échelle régionale. Toutes ces estimations ont ensuite été compilées à l'échelle nationale. Les comparaisons entre les estimations extrêmes et non extrêmes ont donné un aperçu d'une plage de conversion possible. En suivant cet exercice, il a été déterminé que l'estimation de l'incertitude globale associée à la conversion des forêts se situait entre ±20 % et ±30 %.

L'approche analytique décompose l'incertitude en sous-composantes, puis combine celles-ci au moyen d'une simple méthode de propagation d'erreur. Les composantes prises en compte sont les erreurs d'omission, d'inclusion, d'échantillonnage et de délimitation.

Les erreurs d'omission et d'inclusion varient en fonction de plusieurs facteurs, mais particulièrement de la date et de la qualité de l'imagerie avant et après la conversion. Pendant toute la série chronologique, il semble que les perturbations omises soient de taille moins importante, tandis que les erreurs d'inclusion sont habituellement associées à une mauvaise interprétation plutôt qu'à une méprise et dépendent donc moins de la taille de la perturbation. Les erreurs d'inclusion et d'omission ont tendance à s'équilibrer. Pour les périodes après 2000, les erreurs d'inclusion sont possiblement supérieures aux erreurs d'omission, particulièrement en raison d'un délai insuffisant suivant la perturbation pour confirmer que les superficies ont bel et bien été déboisées de façon permanente.

L'incertitude associée aux erreurs de délimitation tient compte des erreurs résultant d'une localisation erronée des limites de la superficie convertie par rapport à la superficie réelle de la conversion. Une surestimation et une sous-estimation de la superficie sont possibles. Cette source d'incertitude varie grandement en fonction de la qualité et de la résolution des images utilisées dans le processus de délimitation; les améliorations apportées à la résolution et à la qualité des images réduisent cette source d'incertitude.

Les estimations de l'incertitude sur l'échantillonnage se concentrent sur le processus réel d'échantillonnage et la mise à l'échelle des estimations pour de grands secteurs (strates/UR). Le processus d'échantillonnage est un mélange de cartographie détaillée et d'échantillonnage systématique. Dans certains secteurs, la couverture et la conception de l'échantillonnage étaient différentes pour chaque période de cartographie. L'erreur d'échantillonnage varie en fonction de la quantité d'activité dans chaque région au cours de chaque période échantillonnée. En outre, cette erreur varie en fonction de la taille et de la distribution spatiale des événements de conversion (Leckie et al., 2015). L'incertitude due à l'échantillonnage et à la mise à l'échelle diffère donc sur le plan régional; de plus, puisque les causes de conversion peuvent également varier d'une région à l'autre, cette incertitude est considérée comme étant globalement variable.

Les résultats de cette approche analytique sont cohérents avec ceux obtenus avec une approche empirique. À la lumière de ces calculs, une estimation conservatrice est déterminée, laquelle établit l'incertitude à la limite supérieure de la plage de conversion, soit ±30 %. Des travaux plus approfondis aideront à améliorer notre compréhension actuelle des différentes sources d'incertitude, de leurs interactions et des approches utilisées pour combiner ces composantes.

La plage d'incertitude de ±30 % est une estimation globale tenant compte de l'ensemble des périodes, des régions et des types de conversion des forêts. Il faut donc faire preuve de prudence lorsqu'on l'applique à la superficie cumulative de Terres forestières converties à une autre catégorie depuis 20 ans ou depuis 10 ans dans le cas des réservoirs (superficies déclarées dans les TCD).

A3.5.3. Produits ligneux récoltés

Le secteur ATCATF de l'inventaire comprend une estimation des flux de CO_2 biogènes liés à l'utilisation et à l'élimination des PLR fabriqués avec du bois découlant d'activités d'exploitation des forêts (y compris la bioénergie) et de conversion des forêts au Canada, que les produits soient consommés au Canada ou à l'étranger. Ces estimations sont basées sur l'approche de décomposition simple, décrite dans l'annexe du volume 4, au Chapitre 12 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). L'approche de décomposition simple est semblable à l'approche de production, mais elle exclut les importations et inclut les exportations de PLR, et elle suit les flux de carbone réels dans l'atmosphère liés aux PLR. Le bois récolté des forêts est suivi en tant que carbone sortant de l'écosystème forestier pour entrer dans le réservoir des produits ligneux récoltés. Les flux de CO_2 biogènes attribuables à la combustion et à l'élimination des PLR sont estimés et déclarés dans le secteur ATCATF, tandis que les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables à la combustion ou à l'élimination domestique des PLR et à la décomposition anaérobique produisant des émissions de méthane sont estimées et déclarées dans les secteurs de l'Énergie et des Déchets, conformément aux Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006; 2019).

Bien que l'approche de décomposition simple soit appliquée aux estimations sous-jacentes, y compris aux émissions annuelles de bioénergie liées aux transferts vers le réservoir des PLR et aux émissions provenant de celui-ci, le Canada présente les flux des PLR dans les TCD conformément à la méthode de production définie dans la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019).

Démarche générale et méthodes

Le Canada applique une méthode relative aux données de flux de Niveau 3 propre au pays (section 12.4.4.1, GIEC, 2019) associée à l'approche de décomposition simple (section 12A.3.2, GIEC, 2019) et recourant à un modèle de dynamique du carbone (c.-à-d. le SNSCPRCF-PLR, Figure A3.5–8). Un nouveau modèle propre au pays, le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur le C des forêts pour les produits ligneux récoltés (SNSCPRCF-PLR) a été élaboré pour estimer et décrire le sort du C présent dans le bois récolté dans les forêts et les autres terres boisées au Canada.

Données d'entrée du modèle et sources de données

Les données d'entrée du modèle comprennent la masse annuelle de C transférée aux produits forestiers par des activités de récolte classiques sur les Terres forestières, des récoltes liées à la conversion des forêts et la récolte de bois de chauffage résidentiel sur trois types de terres différents (c.-à-d. les Terres forestières, les Terres cultivées et les Établissements). Les données sur les récoltes récentes (à partir de 1990) ont été générées par MBC-SFC3, un modèle des dynamiques du carbone dans les écosystèmes forestiers propres au Canada (voir la section A3.5.2.1). Ces données récentes font l'objet d'une distribution spatiale par unité de rapprochement (UR) (voir la section A3.5.1).

L'apport de carbone provenant de récoltes antérieures a été estimé à l'aide des données de Statistique Canada sur la production de produits de base à l'échelle nationale durant la période 1941 à 1989. Ces données ont servi à formuler des équations non linéaires pour analyser rétrospectivement la production de produits de base; les quantités intérieures et exportées ont ensuite été calculées à l'aide des proportions moyennes observées lors de la période de cinq ans allant de 1961 à 1965.

Les informations sur l'utilisation de la bioénergie résidentielle et industrielle provenaient du secteur de l'Énergie (section A3.1.4.1.4) et celles sur la bioénergie industrielle, du Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (BDEEC).

Les données sur le bois de chauffage résidentiel, les granules de bois et les bûches de bois écologiques ont été tirées de sondages sur la consommation menés par Statistique Canada (1997, 2003, 2007, 2015, 2017, 2019 et 2021; Canadian Facts [1997]; TNS [2006, 2012]). Les données sur le bois de chauffage résidentiel ont été spatialement agrégées jusqu'à l'UR (Trégaro, 2020) et converties en carbone à l'aide de la densité du bois propre à chaque essence (Blondel and Tracey, 2018).

Les données de sondage ont été agrégées spatialement par UR (Trégaro, 2020) et la densité de bois propre à chaque espèce a servi à estimer la teneur en carbone (Blondel et Tracey, 2018). Ces estimations ont ensuite été interpolées et extrapolées aux autres années à l'aide du nombre de degrés-jours de chauffage dans chaque province ou territoire en lien avec les années de sondage. Tous les apports en biomasse de C au groupe du bois de chauffage étaient basés sur les volumes annuels fournis par le secteur de l'Énergie. En particulier, la consommation annuelle de bioénergie résidentielle a été calculée pour chaque UR selon sept catégories de répartition : (i) le bois de résineux récolté des terres forestières; (ii) le bois de feuillus récolté des terres forestières; (iii) les essences variées récoltées des terres forestières; (iv) la biomasse ligneuse récoltée des terres cultivées; (v) le bois de chauffage récolté d'arbres urbains dans des établissements; (vi) les granules de bois à usage domestique; (vii) les bûches de bois écologiques. Ces catégories représentent les cibles à mettre en pratique dans les modèles en matière de récolte de bois de chauffage (Trégaro, 2020; Trégaro and Blondel, 2019; Hafer et al., 2020). Les données provenaient des statistiques sur le bois de chauffage à usage industriel et domestique de la Base de données nationale sur les forêts[5].

Les données sur les déchets de bois incinérés dans des installations d'incinération industrielle contrôlée ont été fournies par le secteur des Déchets; pour des détails sur les sources de données spécifiques et les méthodologies utilisées, voir la section A3.6.3.

Flux et paramètres du modèle

Le modèle utilise un schéma de flux conceptuel décrivant le mouvement et la transformation du bois récolté (Figure A3.5–8). Le modèle reçoit les apports de C représentatifs du bois récolté du modèle d'écosystème forestier, répartis par catégories de récolte (c.-à-d. bois rond à usage industriel provenant de récoltes classiques ou de la déforestation mis dans des catégories séparées, et bois de chauffage); une faible quantité de bois de chauffage de sources non forestières (c.-à-d. établissements et terres cultivées) en fait également partie. En intervalles d'une année, une partie du bois rond récolté est conservée dans le pays et une partie est exportée. La conversion du bois rond en produits de base est simulée pour le bois conservé au pays et le bois étranger. Les produits de base incluent le bois scié et d'autre bois rond industriel, les panneaux dérivés du bois, les pâtes et papiers, les granules et bûches de bois écologiques utilisées pour la production de bioénergie, et des résidus de transformation du bois appelés « résidus de sciage ». Le modèle exporte une partie des produits de base nationaux et fait le suivi des intrants et des extrants pour les PLR utilisés ou brûlés aux fins de bioénergie.

La simulation commence par les apports représentant le volume du bois rond récolté, dont la majorité reste au Canada et le reste est exporté. Au Canada, le bois rond est transformé en plusieurs produits, comme le bois scié, les panneaux de bois, les pâtes et papiers et autres produits de bois rond industriels. Le modèle SNSCPRCF-PLR simule ces processus de conversion au pays et à l'étranger. La plupart des produits fabriqués au Canada sont par la suite exportés, alors que le reste est conservé à des fins de consommation nationale.

5 Base de données nationale sur les forêts, disponible en ligne : http://nfdp.ccfm.org/fr/data/harvest.php

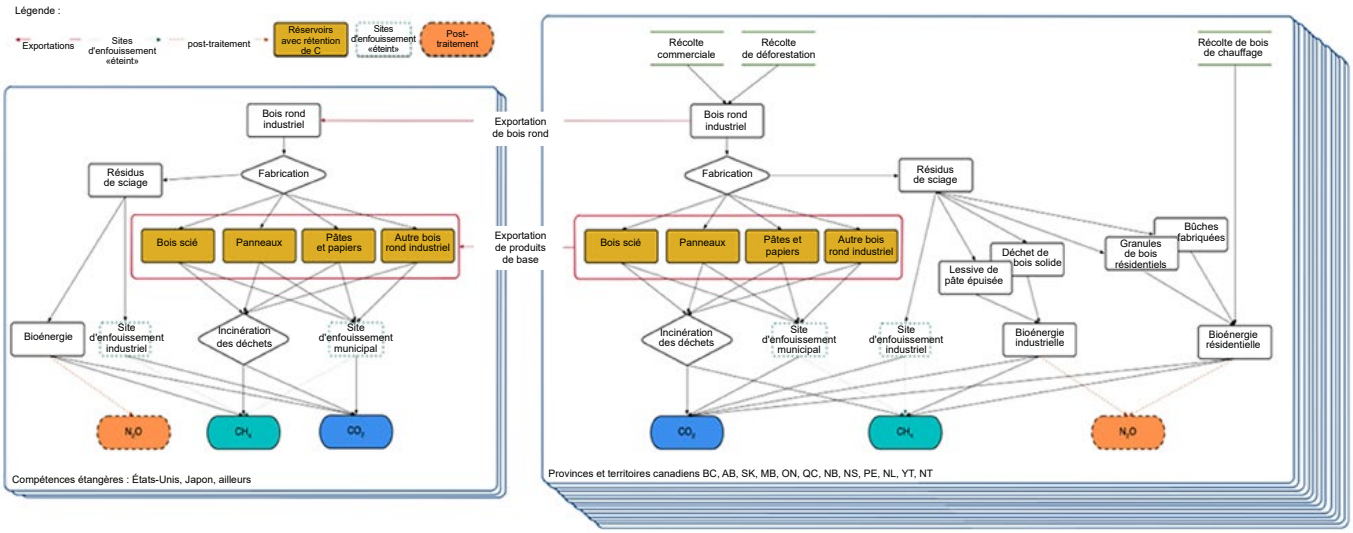
Deux bases de données de la FAO, FAOSTAT Forêts, Production et Commerce[6] et FAOSTAT Flux du commerce[7] servent à déterminer la proportion de bois rond et de produits canadiens exportés à l'étranger, et la proportion de bois rond convertie en produits de base. Ces proportions, désignées comme des paramètres d'allocation dans le modèle SNSCPRCF-PLR sont générées annuellement par une méthode de bilan massique. Les données des dernières années (généralement les deux dernières) peuvent être incomplètes et sujettes à révision par FAOSTAT, ce qui peut entraîner des recalculs en fonction des nouvelles informations. Étant donné que FAOSTAT n'inclut pas l'écorce dans le volume de bois rond dans ses déclarations, ce sont les facteurs d'expansion de l'écorce par défaut du GIEC qui servent à réintégrer la teneur en écorce (Tableau A6.5–1). Lorsqu'ils existent, les facteurs de conversion propres au pays servent aux calculs et dans le cas contraire, ce sont ceux par défaut du GIEC (Tableau A6.5–2).

Le modèle simule la décomposition et la rétention du carbone dans les réservoirs de produits de base à l'intérieur et à l'extérieur du pays. Le flux de carbone s'échappant du bois scié, des panneaux de bois, des pâtes et papiers et autres produits de bois rond industriels sont estimés à l'aide de fonctions de décomposition de premier ordre (Équation 12.2 de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC) et d'un mélange de demi-vies par défaut du GIEC et propres au pays (Tableau A6.5–3). Les produits de base envoyés aux sites d'élimination des déchets solides sont traités comme s'ils s'oxydaient instantanément, une hypothèse conservatrice étant donné qu'ils sont probablement entreposés pendant un certain temps.

Il est supposé que la biomasse ligneuse utilisée pour la bioénergie est brûlée l'année de la récolte. Les émissions attribuables à l'usage industriel d'énergie dérivée du bois (traitée en tant que résidus de sciage dans le modèle) sont présumées être le résultat de la combustion des déchets ligneux (c.-à-d. des copeaux de bois à brûler) et des liqueurs résiduaires par le secteur de la fabrication de pâtes et papiers. Comme c'est le cas pour l'utilisation de bioénergie résidentielle, les émissions attribuables à l'utilisation de bioénergie industrielle sont calculées en multipliant la quantité de combustible consommé par le coefficient d'émission du type de combustible en question. Les coefficients d'émission pour les déchets ligneux industriels et les liqueurs résiduaires sont aussi fournis dans le Tableau A6.6–1. À noter que les coefficients d'émission sont exprimés en grammes de gaz émis par kilogramme de combustible consommé, en supposant une teneur en humidité du combustible de 0 %.

Les émissions causées par la combustion du bois de chauffage résidentiel consistent en du CO_2 et une quantité restante non prise en compte de C probablement présente dans les composés organiques volatils, les hydrocarbures et le charbon non brûlés qui sont présumés être instantanément oxydés. Les émissions sont calculées en multipliant la quantité de bois brûlé dans chaque type d'appareil par le coefficient d'émission pour le type d'appareil en question. Les coefficients d'émission pertinents sont donnés au Tableau A6.6–1, exprimés sous forme de grammes de gaz émis par kilogramme de combustible consommé, unités qui, aux fins du modèle, ont été converties en tonnes de C émis sous forme de gaz par kilogramme de combustible.

Figure A3.5–8 **Schéma simplifié du flux de carbone dans les produits ligneux récoltés, SNSCPRCF-PLR**



Note :
BRI = Autre bois rond industriel

6 FAOSTAT Forêts, Production et Commerce : https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FO

7 FAOSTAT Flux du commerce : https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FT

Degré d'incertitude

L'analyse du degré d'incertitude (Metsaranta et al., 2020) dans cette catégorie divise l'incertitude en trois catégories : i) les incertitudes dans les suppositions, p. ex., la supposition que l'élimination des PLR suit une courbe de décomposition exponentielle; ii) les incertitudes dans les coefficients ou paramètres qui n'ont pas été calculés à partir des données sur les activités, p. ex., les demi-vies de réservoirs de produits utilisés; iii) les incertitudes dans les paramètres d'intrants et d'affectation reliés aux récoltes.

Une analyse de la sensibilité a servi à d'abord exclure les paramètres dont la variation ne devrait pas entraîner de changements importants dans les émissions résultantes. Les distributions des incertitudes et les plages d'incertitudes des autres paramètres sont fondées sur la littérature publiée et, lorsqu'aucune distribution n'existait, sur le jugement d'experts.

Les apports de carbone en lien avec les récoltes étaient historiques (antérieurs à 1990) et contemporains (depuis 1990). Ils étaient basés sur des estimations de la conversion des récoltes et des forêts dans le modèle d'écosystème forestier, le volume de bois de chauffage résidentiel fourni par le secteur de l'Énergie et les statistiques existantes sur la production de produits avant 1990. Les apports historiques se voyaient allouer une distribution uniforme et une plage de valeurs de référence ±25 %. Quant aux apports contemporains, ils viennent de l'analyse d'incertitude du modèle d'écosystème forestier (MBC-SFC3, section A3.5.2).

Les distributions d'incertitudes des paramètres du modèle et l'apport des récoltes ont servi à l'analyse Monte Carlo; les échantillons avaient une taille (n) de 100.

Comme dans le cas de l'analyse d'incertitude des Terres forestières, les années où les variations ne sont pas importantes, aucune analyse approfondie de l'incertitude n'est réalisée et, à la place, les intervalles de confiance pour chaque catégorie durant l'année du rapport en cours sont déterminés en extrapolant statistiquement les résultats du rapport précédent.

A3.5.4. Terres cultivées

Les méthodes décrites dans la présente section s'appliquent aux variations des stocks de C dans les sols minéraux soumis à la gestion des terres cultivées; à la conversion des terres des catégories des Terres forestières et des Prairies en Terres cultivées, aux émissions et à l'absorption de CO_2 provenant de la culture des histosols, aux variations de la biomasse des espèces pérennes ligneuses, et aux émissions de N_2O causées par la perturbation des sols consécutive à la conversion en terres cultivées. La méthode d'estimation des fluctuations des stocks de C et des émissions de GES des réservoirs de biomasse et de MOM découlant de la conversion des Terres forestières en terres cultivées est décrite à la section A3.5.2.7.

A3.5.4.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé

Une description détaillée des méthodes utilisées pour estimer les variations de C associées aux pratiques de travail du sol, la conversion des cultures pérennes en cultures annuelles et la conversion des terres forestières et des prairies en terres cultivées est présentée dans McConkey et al., (2007a).

Variation des stocks de carbone dans les sols minéraux

Évolution des pratiques d'aménagement

La quantité de C organique retenue dans le sol représente l'équilibre entre les taux d'apport des résidus agricoles et les pertes dues à la décomposition du carbone organique dans le sol (COS). Ce sont les pratiques d'aménagement qui déterminent la quantité de C organique stocké dans un sol, que celle-ci augmente ou qu'elle diminue. L'élaboration de la méthode d'estimation du CO_2 part du principe que, dans les terres cultivées depuis longtemps, les fluctuations des stocks de C du sol au cours d'une certaine période surviennent après des changements de méthodes de gestion du sol qui influent sur les taux d'ajout ou de perte du C du sol. Si aucun changement ne survient dans les pratiques de gestion, il est présumé que les stocks de C sont en état d'équilibre, et que leur taux de fluctuation est nul.

Certaines pratiques d'aménagement augmentent le COS dans les terres cultivées, comme la réduction de l'intensité du travail du sol, l'intensification des systèmes de culture, l'adoption de pratiques favorisant le rendement et le rétablissement d'une végétation pérenne (Janzen et al., 1997; Bruce et al., 1999). L'adoption de pratiques de travail réduit du sol (TRS) ou de culture sans labour (CSL) peut entraîner une accumulation importante du COS comparativement à ce qui est obtenu avec les techniques de travail intensif (TI) (Campbell et al., 1995; 1996a; 1996b; Janzen et al., 1998; McConkey et al., 2003). De nombreux systèmes de culture peuvent être intensifiés en rallongeant la durée de l'activité photosynthétique par l'utilisation accrue de plantes fourragères pérennes (Biederbeck et al., 1984; Bremer et al., 1994; Campbell et al., 1998). Le passage de systèmes de travail du sol conservateurs à des systèmes classiques ou de systèmes intensifs à des systèmes extensifs a généralement pour effet de réduire les apports de C et d'augmenter le taux de décomposition de la matière organique, ce qui réduit le COS.

VandenBygaart et al. (2003) ont compilé des données publiées dans d'études de longue durée menées au Canada en vue d'évaluer l'effet des pratiques de gestion agricole sur le COS. Des analyses plus récentes (Fan et al., 2017; Liang et al., 2020a,2020b; Liang et al., 2021; Thiagarajan et al., 2022) ont mené à l'élaboration de nouvelles méthodes. La compilation de données originale de VandenBygaart et al. (2003) et ces nouvelles études, de même que les données sur les activités provenant du *Recensement de l'agriculture*, ont permis de définir les principales pratiques d'aménagement et les changements de gestion utilisés pour estimer les fluctuations des stocks de C dans le sol. Les taux d'émission et d'absorption du CO_2 des sols minéraux sont estimés pour chacun des changements d'aménagement des terres (CAT) suivants :

1. Changement dans la gamme des cultures :
   a) Augmentation des cultures pérennes
   b) Augmentation des cultures annuelles
2. Changement des pratiques de travail du sol :
   a) TI à TRS
   b) TI à CSL
   c) TRS à TI
   d) TRS à CSL
   e) CSL à TI
   f) CSL à TRS
3. Variations de la productivité des cultures et de l'apport de C des résidus de cultures
4. Épandage de fumier

Lorsque les éléments nutritifs sont d'importants facteurs de limitation, une fertilisation adéquate peut augmenter le COS. En pareil cas, toutefois, l'épandage d'engrais ou d'autres pratiques d'augmentation des éléments nutritifs sont utilisés. L'irrigation dans les régions semi-arides peut affecter le COS, mais l'impact n'est pas clair, et la superficie de terres irriguées est demeurée relativement constante au Canada. C'est pourquoi il est présumé que les CAT choisis représentent les influences les plus importantes et les plus constantes affectant le COS dans les sols minéraux.

Coefficient de variation des stocks de carbone en fonction de la superficie

Pour estimer les émissions ou les absorptions de C, un coefficient de variation des stocks de COS propre à chaque combinaison de polygone PPC et à l'aménagement des terres est multiplié par la superficie de changement (Équation A3.5–1). Le coefficient de variation des stocks est le taux moyen de fluctuation du COS par an et par unité de superficie de CAT.

Équation A3.5–1

$$\Delta C = F \times A$$

ΔC = variation du stock de COS pour l'année d'inventaire, en Mg de C
F = fluctuation annuelle moyenne du COS, ou coefficient de C, soumis à un changement d'aménagement (Mg C ha^{-1} an^{-1})
A = superficie touchée par le CAT, en ha

Les zones touchées par des CAT, comme les changements dans les méthodes de travail du sol, le type de culture et les jachères, proviennent du *Recensement de l'agriculture*. Les données du Recensement fournissent des éléments sur les changements nets de la superficie durant les périodes quinquennales du Recensement. Dans la pratique, les terres sont assujetties et soustraites à une pratique d'aménagement, et il se produit des combinaisons de changement d'aménagement. Toutefois, étant donné qu'on ne dispose que de données sur les changements nets, deux hypothèses sont formulées : l'additivité et la réversibilité des coefficients de COS. La réversibilité présume que le coefficient d'un CAT de A à B est l'opposé de celui d'un CAT de B à A. L'additivité présume que les fluctuations de C attribuables à chaque CAT qui survient sur la même parcelle de terrain sont indépendantes et par conséquent qu'elles s'additionnent. Bien que l'approche se veuille additive, les coefficients de COS diminuent dans le temps et la mise en œuvre de différents coefficients ne se produit pas simultanément. Par conséquent, cette approche propre au pays s'avère plus exacte que l'approche factorielle simple décrite dans les Lignes directrices du GIEC. Cette hypothèse est corroborée par les constatations de McConkey et al. (2003), qui affirment que l'effet du travail du sol et de la rotation des cultures sur le COS est cumulatif.

Il existe un ensemble relativement important d'observations canadiennes sur les fluctuations à long terme du COS attribuables au CAT, comme l'adoption de la CSL (VandenBygaart et al., 2003; Campbell et al., 2005; Liang et al., 2020a). Cependant, même ce vaste ensemble de données ne couvre pas toute l'étendue géographique de l'agriculture canadienne.

En outre, plusieurs difficultés surviennent lorsqu'il s'agit de comparer les mesures d'une station de recherche à l'autre, de déterminer la durée d'un effet, d'estimer le degré d'incertitude total à partir de l'éventail des conditions initiales du sol et de déterminer la variabilité des fluctuations du C en l'absence de CAT.

En raison de ces limites, un modèle bien étalonné et validé de la dynamique du C du sol, le modèle Century (Parton et al., 1987, 1988) a été utilisé pour calculer les coefficients de C individuels pour les changements survenus entre la CSL et le TI, le TRS et le TI, le TRS et la CSL, les cultures annuelles et pérennes et la superficie des jachères. Le modèle Century est largement utilisé pour simuler le changement de COS dans les conditions canadiennes (Liang et al., 1996; Monreal et al., 1997; Campbell et al., 2000, 2005; Pennock et Frick, 2001; Carter et al., 2003; Bolinder, 2004).

Smith et al. (1997, 2000, 2001) ont conçu une approche fondée sur le modèle Century pour estimer les fluctuations du COS dans les terres agricoles du Canada. L'estimation des fluctuations de C a nécessité l'établissement d'une description généralisée de l'affectation et de l'aménagement des terres cultivées à partir de 1910 pour un échantillon représentatif des types de sols et des conditions climatiques de tout le Canada. Ces scénarios ont été créés à partir d'une combinaison de connaissances d'experts et de statistiques agricoles sur l'aménagement des terres, notamment les types de cultures, les jachères et les engrais épandus (Smith et al., 1997; Smith et al., 2000). Ils ont été utilisés pour les premières évaluations détaillées des fluctuations du COS des terres agricoles, dans le cadre d'une évaluation élargie de l'état de santé des sols (McCrae et al., 2000).

Les valeurs du COS dans la base de données des attributs des polygones PPC (Système d'information sur les sols du Canada, ou SISCan) ont servi de point de départ à l'élaboration des coefficients de C pour le travail du sol et les mélanges de cultures (Figure A3.5–9 et Figure A3.5–10). Les valeurs du COS proviennent des mesures prises dans le cadre de relevés pédologiques et d'études sur les ressources pédologiques (Tarnocai, 1997); elles sont présumées représenter la teneur moyenne en COS dans les terres cultivées en 1985. Le COS initial de 1910 était de 1,25 fois le COS du polygone PPC correspondant aujourd'hui. Les coefficients de fluctuation du COS ont été estimés à partir de la différence dans les stocks de COS, d'après la simulation d'une affectation généralisée des terres et un scénario d'aménagement avec et sans le CAT d'intérêt (Smith et al., 2001).

Pour déterminer les coefficients en fonction de la superficie, un régime de culture et travail du sol (RCT) a été établi sur 10 ans pour chaque unité d'analyse et année de recensement, au moyen des données du *Recensement de l'agriculture*. Le RCT porte sur sept cultures ou types de cultures (céréales, oléagineux, légumineuses, luzerne, cultures racines et cultures pérennes) et trois méthodes de travail du sol (TI, TRS et CSL). Essentiellement, chaque RCT représente une combinaison spatiale de cultures et de pratiques de travail du sol sous la forme d'une combinaison temporelle de cultures et de pratiques de travail. Dans ce système, un polygone comptant 20 % de terres cultivées de céréales et 20 % de terres de CSL équivaut à 2 ans sur 10 de céréales et 2 ans sur 10 de CSL. Des séquences temporelles des pratiques culturales et de travail du sol sont établies à partir d'ensembles de règles définies par des experts, comme « une jachère ne suit jamais une jachère » et « la culture du maïs suit généralement celle du soja ». Ainsi, il est facile de saisir dans le modèle Century un RCT de base et des remplacements de CAT dans le RCT.

Le coefficient de fluctuation du COS a été choisi comme Coefficient = (C pour RCT avec CAT - C pour RCT de base) / [(fraction du RCT remplacé par le CAT) × (durée considérée)]. Si un régime d'aménagement des terres est défini comme une combinaison particulière de pratiques culturales et de travail du sol sur une superficie donnée, la variation du COS due à un CAT (ΔC_{CAT}) peut être estimée comme la différence du stock de COS entre deux régimes d'aménagement des terres, divisée par la proportion des terres qui subit un CAT.

Équation A3.5–2

$$\Delta C_{CAT}(t) = \frac{\Delta C}{P_{CAT}}$$

$\Delta C_{CAT}(t)$ = fluctuation du COS entre les régimes d'aménagement des terres au cours de l'année t (Mg COS ha^{-1})
ΔC = fluctuation du COS sous réserve du CAT (Mg C)
P_{CAT} = proportion de la superficie soumise à un régime d'aménagement des terres donné qui subit le CAT, ha

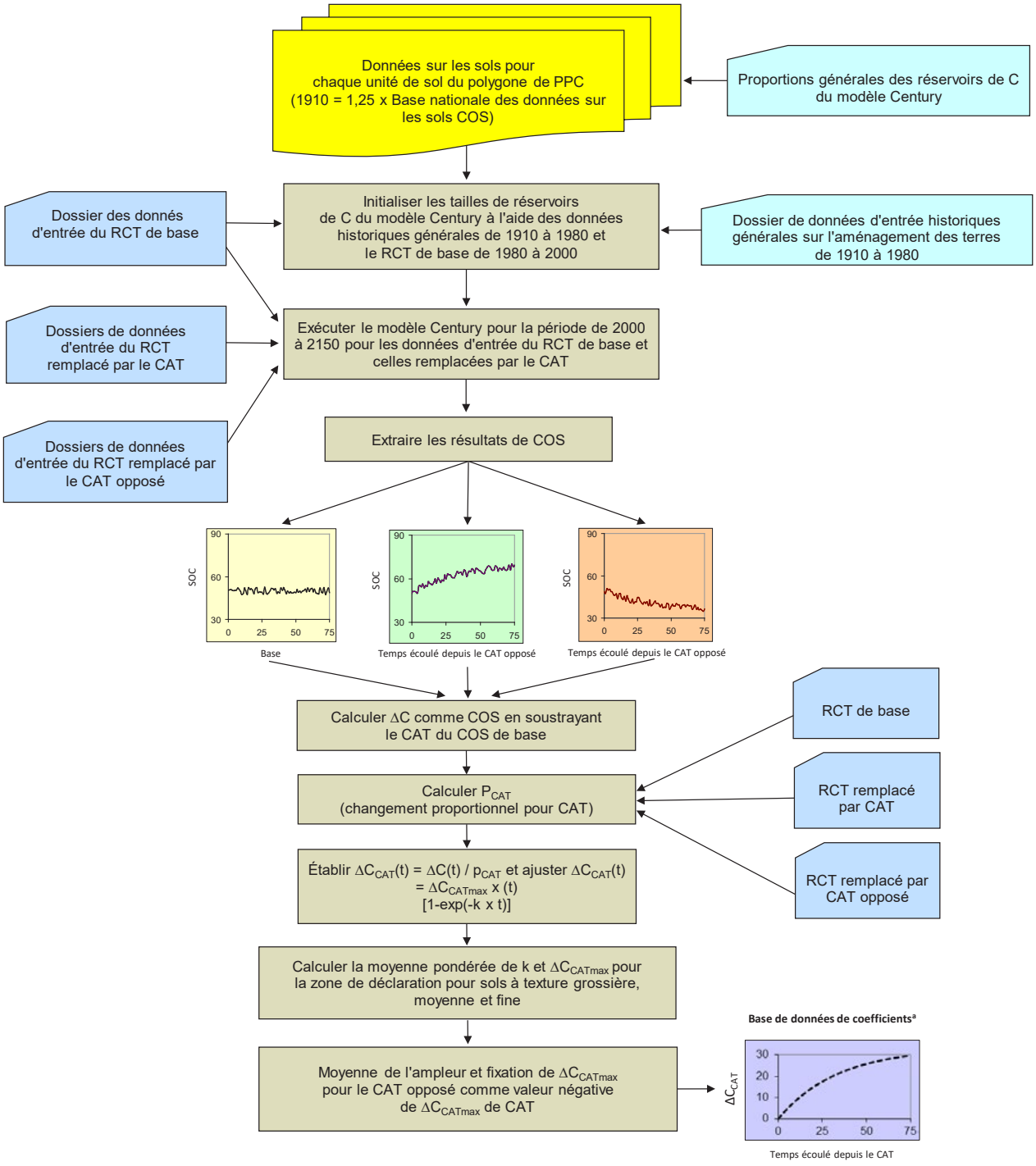
Il est possible de calculer cette proportion (P_{CAT}) comme la proportion du système d'aménagement des terres dans le système de base moins la superficie sous le nouveau système d'aménagement des terres.

Équation A3.5–3

$$P_{CAT} = P_{ATbase} - P_{ATnouveau}$$

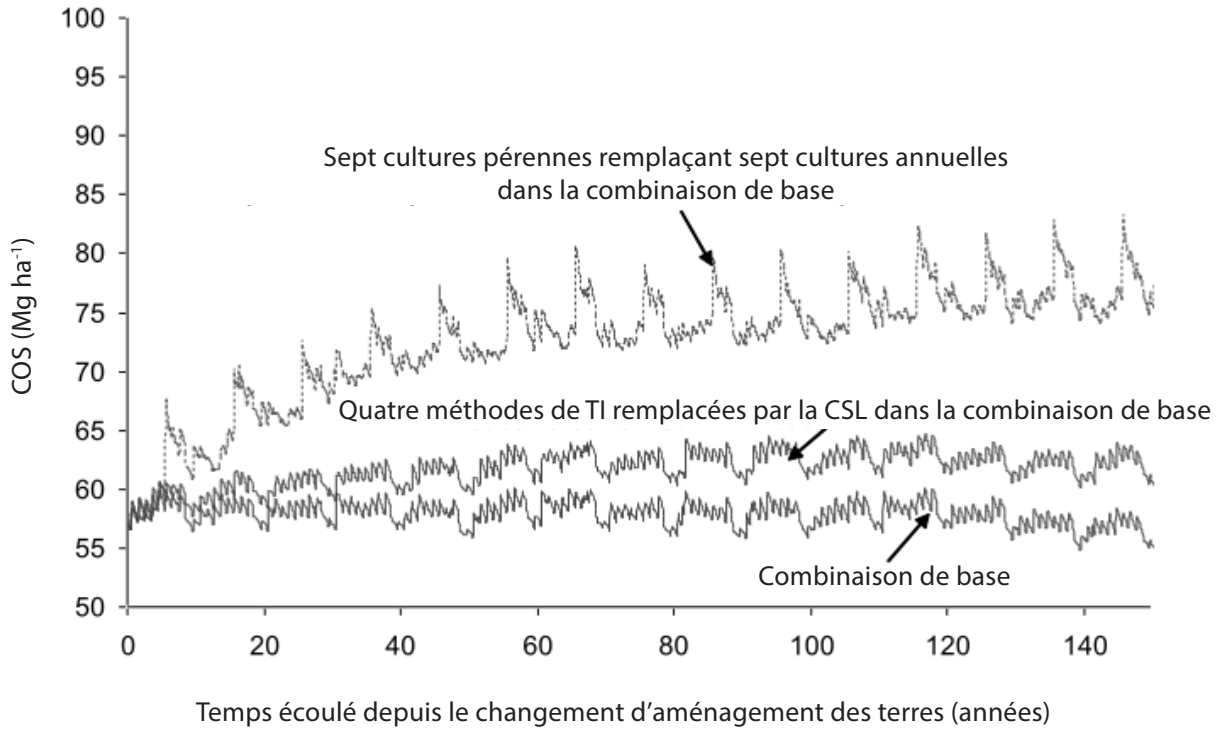
P_{CAT} = proportion de la superficie soumise à un régime d'aménagement des terres donné sous réserve du CAT
P_{ATbase} = fraction de l'aménagement de terres d'intérêt dans le régime d'aménagement des terres de base
$P_{ATnouveau}$ = fraction de l'aménagement de terres d'intérêt dans le nouveau régime d'aménagement des terres

Figure A3.5–9 **Méthode d'établissement des coefficients de carbone en fonction de la superficie pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt donné**



Notes :
a. Gain cumulatif de C en fonction du temps.
RCT = régime de culture et travail du sol

Figure A3.5–10 **Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture pérenne (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction du modèle Century pour un loam de Lethbridge**



La Figure A3.5–10 donne un exemple de séquences d'utilisation du modèle Century pour un loam de Lethbridge (tchernozem brun foncé d'orthite) dans l'écozone de déclaration des prairies semi-arides. Une séquence d'utilisation du modèle a été réalisée à l'aide d'une combinaison de base de 10 ans de cultures reposant sur le *Recensement de l'agriculture* de 1996 et les données météorologiques de 1951 à 2000. Des simulations du COS ont été réalisées avec le modèle Century en remplaçant 7 des 10 cultures annuelles par des cultures pérennes dans la combinaison de base. Dans un essai distinct, 4 années de TI sur 10 dans la combinaison de base ont été remplacées par la CSL (Figure A3.5–10). L'étape suivante consiste à calculer la fonction $\Delta C_{CAT}(t)$ en soustrayant les valeurs simulées de COS pour la combinaison de base de celles imposées par le CAT d'intérêt (Équation A3.5–2). Enfin, la valeur de $\Delta C_{CAT}(t)$ est calculée, correspondant à la proportion de la superficie soumise au système cultural divisée par P_{CAT} (Équation A3.5–3). Dans le cas de la série chronologique de ΔC_{CAT}, les valeurs respectives de P_{CAT} pour la transition du TI à la CSL et l'ajout des cultures pérennes ont été de 4/10 et de 7/10 (Figure A3.5–11).

La dynamique du COS est considérée comme étant régie par une cinétique de premier ordre, les fluctuations du C peuvent s'exprimer comme suit :

Équation A3.5–4

$$\Delta C_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - exp(-k \times t)]$$

$\Delta C_{CAT}(t)$ = fluctuation du COS sous réserve du CAT au temps donné t, (Mg C ha^{-1})

ΔC_{CATmax} = fluctuation maximale du COS induite par le CAT (Mg C ha^{-1})

k = constante de taux, année^{-1}

t = nombre d'années après l'effet du CAT

Dans la pratique, les équations exponentielles sont rajustées statistiquement au moyen d'une méthode des moindres carrés. Les taux de variation au fil du temps, en Mg C ha^{-1}, ont été déterminés au moyen d'une transformation en logarithme naturel. Ils représentent les valeurs instantanées des facteurs liés au CAT. Comme l'estimation est fondée sur des variations annuelles, l'équation utilisée pour l'estimation du facteur de variation annuelle par rapport à l'année précédente (de l'an t − 1 à l'an t) est :

Équation A3.5–5

$$F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [exp\{-k \times (t-1)\} - exp(-k \times t)]$$

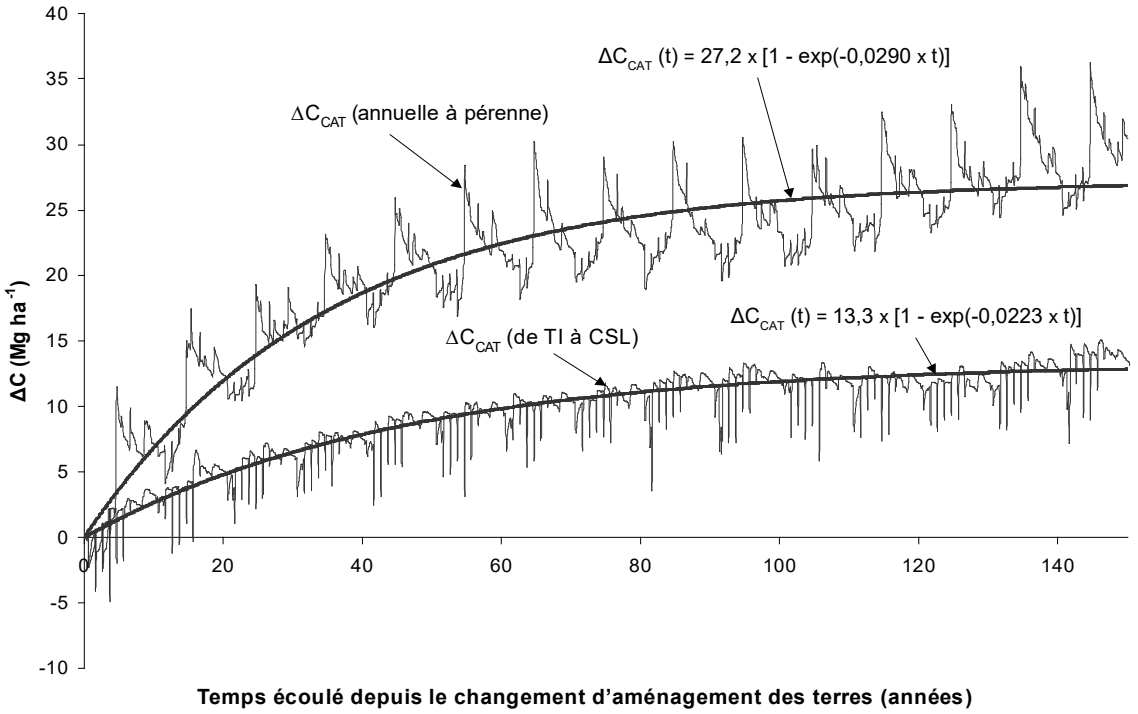
$F_{CAT}(t)$ = valeur instantanée du coefficient de C sous réserve du CAT à un temps « t » donné, Mg C ha^{-1} an^{-1}
ΔC_{CATmax} = fluctuation maximale du COS induite par le CAT (Mg ha^{-1})
k = constante de taux, année^{-1}
t = nombre d'années après l'effet du CAT

Comme un état d'équilibre parfait n'est jamais obtenu, l'équation exponentielle doit théoriquement s'appliquer pour toujours. Dans la pratique toutefois, l'équation exponentielle a été tronquée lorsque la valeur $F_{CAT}(t)$ a chuté à 25 kg C ha^{-1} par an. Ce taux est inférieur à une limite de mesure pratique (Figure A3.5–12).

Estimation des valeurs moyennes de k et de ΔC_{CATmax} aux fins des calculs des coefficients pratiques

Les paramètres ΔC_{CATmax} et k ont été calculés pour la totalité des 11 602 échantillons de sol de la base de données SISCan et pour deux CAT (changements quant aux pratiques de labour et à la combinaison de cultures annuelles et pérennes). Ces échantillons de sol représentent un vaste éventail d'états initiaux du COS et de combinaisons de cultures de base et de volumes de remplacement. Les valeurs des paramètres ont été estimées pour chaque zone de déclaration comme étant la moyenne entre ces échantillons de sol, pondérée par la superficie des terres cultivées sur chaque échantillon. La moyenne géométrique de k a été utilisée, étant donné que sa distribution est désaxée vers la droite. Ces moyennes ont été calculées pour trois classes générales de textures du sol (sablonneux, loameux et argileux) et appliquées à chaque échantillon de sol en fonction de sa classe de texture. À l'occasion, des valeurs de k inférieures à 0 ont résulté de l'ajustement par rapport à la valeur ΔC_{CAT}; les valeurs de k et de ΔC_{CATmax} résultant de ces rajustements ont été exclues des moyennes des zones de déclaration.

Figure A3.5–11 **Fluctuations du COS dans le cadre de simulations où ont lieu des remplacements par rapport à des simulations de cultures de base combinées**



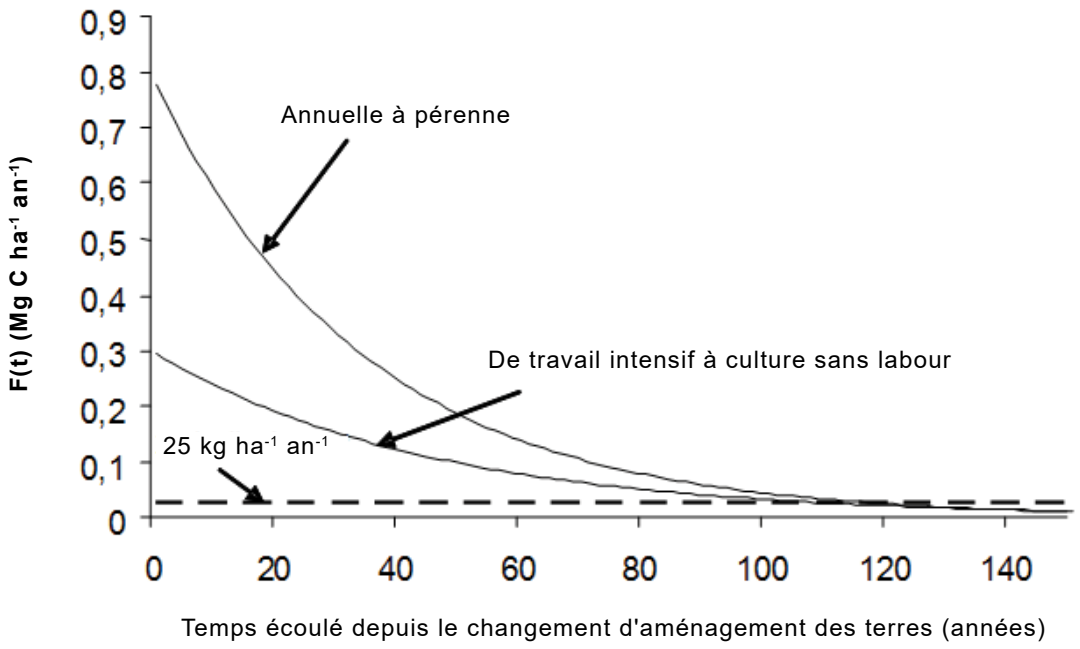
En général, il est attendu que les pertes de COS à la suite d'un CAT soient supérieures aux gains de COS après un CAT inverse. Toutefois, cet effet dépend dans une large mesure de la quantité relative de COS au moment du CAT. Pour le moment, il est impossible de documenter le niveau de COS correspondant à chaque CAT. Par conséquent, par souci de transparence et de simplicité, il est tenu pour acquis que les coefficients sont réversibles. La réversibilité présuppose donc que l'effet d'un CAT sur le COS dans un sens est exactement l'inverse de l'effet de la même pratique dans le sens opposé.

Validation des coefficients associés au carbone du sol en fonction de la superficie – Travail du sol et mélanges de cultures

On a comparé les coefficients d'évolution du COS applicables aux CAT utilisés dans l'inventaire aux coefficients empiriques que donnent VandenBygaart et al. (2008). Cette comparaison a révélé que les données empiriques comparant les fluctuations du COS entre le TI et la CSL étaient très variables, notamment pour l'Est du Canada. Néanmoins, les facteurs modélisés demeuraient dans la plage calculée des données empiriques. Le coefficient TI-CSL moyen calculé à partir des expériences menées dans la région des Prairies subhumides était plus de quatre fois supérieur à celui des Prairies semi-arides. Le coefficient moyen calculé par le modèle Century pour la région des Prairies semi-arides était sensiblement le même que celui tiré des expériences sur le terrain. Toutefois, le coefficient TI-CSL issu du modèle Century pour la zone de déclaration des Prairies subhumides était inférieur d'environ 30 % au coefficient calculé dans des expériences sur le terrain.

Le coefficient empirique moyen associé au passage de cultures annuelles aux cultures pérennes, était de 0,59 Mg C ha^{-1} par an, ce qui se compare favorablement à la plage de 0,46 à 0,56 Mg COS ha^{-1} an^{-1} des facteurs modélisés dans les zones des forêts parcs, des Prairies semi-arides et de l'Ouest (Tableau A6.5–4). Dans l'est du pays, il n'existait que deux facteurs de fluctuation empiriques dans la zone de déclaration Centre Est, mais ils semblaient correspondre aux valeurs modélisées (valeurs empiriques : 0,60-1,07 Mg COS ha^{-1} an^{-1}; valeurs modélisées : 0,74-0,77 Mg C ha^{-1} an^{-1}).

Figure A3.5–12 **Coefficients du carbone en fonction du temps**



Productivité des culture et apport de C des résidus de cultures

Le rendement des céréales des principales grandes cultures au Canada a diminué de façon constante depuis 1970 (Figure A3.5–13). L'estimation juste de la productivité des cultures et la quantification de l'apport de C par les résidus de cultures au stockage du COS à l'échelle régionale ou nationale au fil du temps repose sur le recours aux données spatio-temporelles d'apport de C. Pour estimer la productivité des cultures et l'apport de C par les résidus de cultures, il faut connaître la productivité primaire nette (PPN) et la proportion de PPN retournée au sol (Bolinder et al., 2007). La PPN, mesurée en tant que biomasse végétale aérienne et souterraine, est déterminée à l'aide des données sur le rendement des cultures. Fan et al. (2017) ont analysé le rendement des cultures et l'indice de récolte de 11 cultures d'importance, d'après des études sur le terrain réalisées dans des régions tempérées, et ont dégagé d'importantes relations linéaires entre l'indice de récolte et le rendement des cultures pour ce qui est du blé, du maïs, de l'avoine, de l'orge, des pois, des pois chiches, des lentilles, du soja, du canola et du lin (r^2 = 0,19 à 0,65). Ces relations entre l'indice de récolte et le rendement des cultures ont ensuite servi à estimer les apports des résidus de cultures. En ce qui concerne d'autres cultures, le C des résidus de cultures est estimé à l'aide des ratios d'affectation relatifs aux grains, à la paille et aux racines de Janzen et al. (2003) et de Thiagarajan et al. (2018). Tout le C provenant à la fois des parties aériennes et des racines, sur une base de matière sèche, est considéré comme un apport de C au sol.

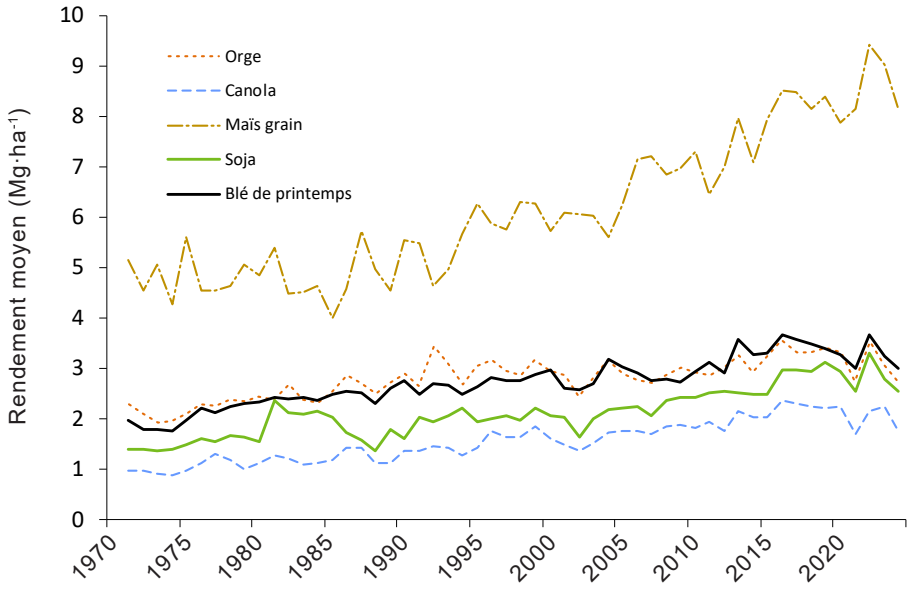
L'apport de C des résidus de cultures est estimé à l'aide du rendement annuel des cultures et en tenant compte de l'élimination des résidus de cultures par incinération dans les champs et mise en balles, par grande culture, comme suit :

Équation A3.5–6

$$CRC_i = \sum (CRC_A_{TC,i} + CRC_ST_{TC,i}) \,/\, T_Superf_i$$

CRC_i	=	apport de C des résidus de cultures, estimé pour toutes les cultures annuelles de l'écodistrict i, Mg C ha^{-1} an^{-1}
$CRC_A_{TC,i}$	=	apport de C du total des résidus de cultures aériens (A) par type de culture (TC), dans l'écodistrict i, Mg C
$CRC_ST_{TC,i}$	=	apport de C du total des résidus de cultures souterrains (ST) par TC, dans l'écodistrict i, Mg C
T_Superf_i	=	superficie totale des cultures annuelles, y compris les jachères d'été, dans l'écodistrict i, ha

Figure A3.5–13 **Rendements moyens des principales grandes cultures au Canada de 1971 à 2024**



Note :
Source des données : Statistique Canada, 2023, Tableau 32-10-0359-01. Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales cultures.

Pour les principales grandes cultures, l'indice de récolte est estimé à l'aide d'une relation linéaire et du rendement grainier rapporté par Fan et al. (2017).

Équation A3.5–7

$$IR_{TC} = REND_{TC,i} \times \left(1 - \frac{MC_{TC}}{100}\right) \times PENTE_{TC} + INTERCEPT_{TC}$$

IR_{TC} = indice de récolte pour le type de culture (TC), %
$REND_{TC,i}$ = rendement en grains pour le TC dans un écodistrict i, Mg ha^{-1}
TH_{TC} = taux d'humidité du rendement en grains pour le TC, %
$PENTE_{TC}$ = coefficient de régression linéaire pour le TC, précisé dans Fan et al. (2017)
$INTERCEPT_{TC}$ = interception pour le TC, précisé dans Fan et al. (2017)

La proportion de matière sèche des résidus aériens et des racines pour les principales grandes cultures est estimée à l'aide de l'indice de récolte et du rapport racines/parties aériennes (Fan et al., 2017). Pour les grandes cultures mineures, la répartition de la matière sèche de la culture entre les grains, les résidus de la partie aérienne et des racines est calculée à l'aide de la méthode proposée par Janzen et al. (2003).

Équation A3.5–8

$$CRC_AGR_{TC,i} = \left[\left\{\sum PROD_{TC,i} \times \frac{PROD_{p,TC}}{\sum_{TC}(REND_{TC,i} \times SUPERF_{TC,i})}\right\} \times \left(1 - \frac{TH_{TC}}{100}\right) \times \frac{100}{IR_{TC,i}} \times \left\{1 - (BALLE_{TC} \times 0,5 + BRÛL_{TC})\right\}\right] \times 0,45$$

$$CRC_ST_{TC,i} = \left[\left\{\sum PROD_{TC,i} \times \frac{PROD_{p,TC}}{\sum_{TC}(REND_{TC,i} \times SUPERF_{TC,i})}\right\} \times \left(1 - \frac{TH_{TC}}{100}\right) \times \frac{100}{IR_{TC,i}} \times RRR_{TC}\right] \times 0,45$$

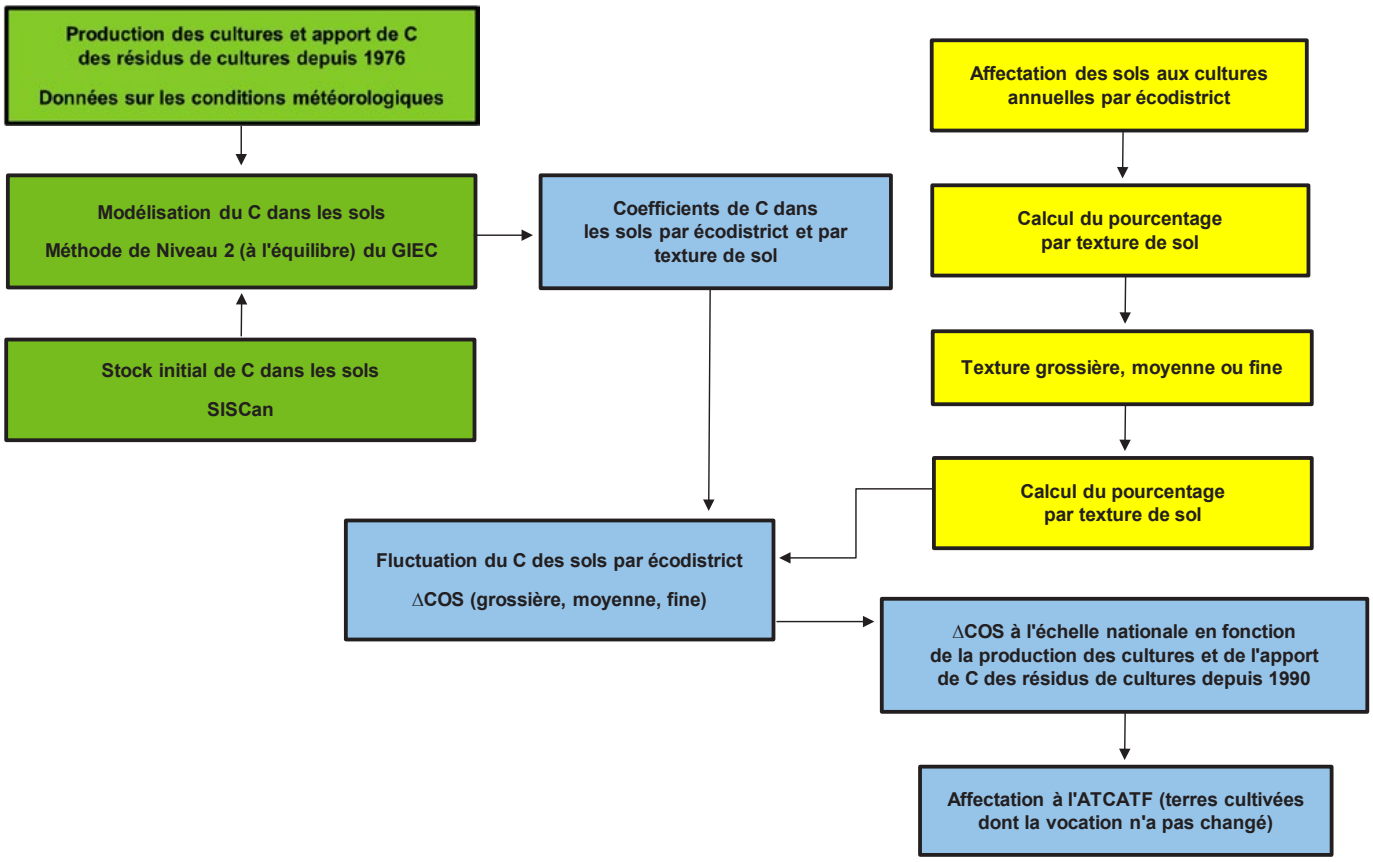
$CRC_AGR_{TC,i}$ = teneur en C des résidus de culture de la partie aérienne pour le type de culture (TC) dans un écodistrict i, Mg C
$CRC_ST_{TC,i}$ = apport de C du total des résidus de cultures souterrains (ST) par TC, dans l'écodistrict i, Mg C
$PROD_{TC,i}$ = production totale de grains pour le TC dans un écodistrict i, Mg
$PROD_{p,TC}$ = production totale de grains pour le TC dans une province p, Mg
$\sum_{TC}(REND_{TC,i} \times SUPERF_{TC,i})$ = production de grains estimée à l'aide du rendement moyen et de la superficie ensemencée pour le TC dans un écodistrict i, Mg
TH_{TC} = taux d'humidité des grains pour le TC, %
$IR_{TC,i}$ = indice de récolte pour le TC dans un écodistrict i, %
$BALLE_{TC}$ = résidus de culture mise en balles pour le TC en supposant une efficacité de mise en balles de 50 %, fraction
$BRÛL_{TC}$ = brûlage des résidus de culture pour le TC, fraction
RRR_{TC} = rapport racines sur résidus de culture des parties aériennes pour le TC, fraction (Thiagarajan et al., 2018)
$0,45$ = fraction de C dans les résidus de culture

Coefficients de changement du COS

La Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) fournit une méthode de Niveau 2 à l'équilibre pour estimer la fluctuation du COS selon la productivité des cultures dans les terres de la sous-catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (GIEC, 2019). Cette méthode tient compte de trois réservoirs conceptuels de C (actifs, lents et passifs) dans les 30 premiers centimètres du sol. La décomposition est déterminée par le taux de décomposition qui varie en fonction de la température et de l'humidité du sol. La texture du sol et les pratiques de travail du sol modifient la décomposition des réservoirs actifs et lents de C. Ogle et al. (2012) présentent davantage de précisions sur ce modèle. L'approche utilisée dans la méthode de Niveau 2 à l'équilibre nécessite la teneur en lignine et en N des apports de C (GIEC, 2019). Le modèle est utilisé en faisant d'abord appel aux apports de C sur dix ans, comme recommandé dans la Révision des Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2019). Les valeurs moyennes initiales des réservoirs de C dans le sol pour l'initialisation du modèle ont été extraites de la Base nationale de données sur les sols[8] (BNDS, version 3.2) pour la principale série de sols de chaque catégorie de texture par écodistrict La Figure A3.5–14 présente le schéma des procédures d'estimation du C dans le sol en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de C par les résidus de cultures. Auparavant, une procédure de contrôle qualité remplaçait les apports de carbone supérieurs au 80e percentile par des valeurs moyennes annuelles. Cette procédure a désormais été supprimée de façon à conserver intégralement les apports en C et à améliorer la précision des estimations des émissions et des absorptions du COS.

8 Disponible en ligne : https://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/index.html

Figure A3.5–14 **Représentation des procédures pour l'estimation de la fluctuation du carbone organique dans le sol selon la productivité des cultures et l'apport de carbone par les résidus de cultures**



Note :
COS = carbone organique du sol

La méthode de Niveau 2 du modèle à l'équilibre du GIEC a été appliquée pour les sols canadiens, pour calculer un facteur estimant la fluctuation du C du sol associé à la productivité des cultures. La fluctuation du COS est calculée en appliquant le facteur ΔCOS pondéré par la proportion de chaque catégorie de texture par écodistrict sur la superficie totale pour chacune des années consécutives de 1976 à l'année d'inventaire en cours. Ensuite, la valeur totale de la fluctuation du C d'un écodistrict est obtenue en additionnant les valeurs de fluctuation du COS de toutes les catégories de texture dans l'écodistrict (Équation A3.5–9).

Équation A3.5–9

$$\Delta COS_{t,i} = \sum\{(COS_{t,TX,i} - COS_{t\text{-}1,TX,i}) \times FT_{t,i,TX}\} \times T_SUPERF_{t,i}$$

$\Delta COS_{t,i}$	=	fluctuation du carbone organique du sol (COS) dans un écodistrict i, pour l'année t, Mg C
$COS_{t,TX,i}$	=	réservoir de COS associé à une catégorie de texture du sol (TX) pour l'année t et l'écodistrict i, Mg C ha^{-1}
$COS_{t\text{-}1,TX,i}$	=	réservoir de COS associé à une TX pour l'année t-1 et l'écodistrict i, Mg C ha^{-1}
$FT_{t,TX,i}$	=	fraction de chaque texture de sol (TX; grossière, moyenne et fine), pour un écodistrict i et une année t, fraction
$T_SUPERF_{t,i}$	=	superficie totale des cultures annuelles, y compris des jachères d'été, pour un écodistrict i et une année t, ha

Étant donné l'incertitude quant à la valeur réelle des stocks de C et afin de maintenir une cohérence avec les autres facteurs relatifs au C, la méthode ne donne que la variation des flux du C depuis 1990, conformément à la méthode de calcul par facteur en fonction de la superficie. Les années 1976 à 1989 sont considérées comme les années de référence. La valeur de la fluctuation moyenne des stocks de C découlant de la variation de la productivité des cultures (ΔC_{PC}) pour la période de référence a ensuite été ajoutée aux valeurs de ΔC_{CAT}.

Épandage de fumier

L'épandage de fumier sur les sols agricoles peut augmenter le stockage de COS, surtout lorsque les fumiers sont appliqués aux sols utilisés pour la production annuelle de cultures. Le facteur de rétention du C des fumiers (RCF) représente la fraction moyenne de l'apport de C provenant de différents fumiers qui est retenu dans le sol. Ce facteur a été établi en se fondant sur des mesures prises dans plusieurs études à long terme. Une méthode propre au pays faisant appel aux valeurs de RCF est proposée pour estimer la variation du puits de C dans le sol par suite d'un épandage de fumiers sur les sols agricoles au Canada. Huit études sur le terrain ont été retenues et divers types de fumiers et taux d'application ont été utilisés sur différentes pratiques de rotation des cultures, de durées variant de 10 à 74 ans, pour quantifier les valeurs de RCF dans différentes conditions climatiques au Canada. La valeur de RCF des fumiers solides de bovins et de porcs était de 26 %, tandis que celle des fumiers liquides, y compris ceux des bovins et des porcs, était beaucoup plus faible, à seulement 5 %. Par comparaison avec les fumiers en amas, la RCF des fumiers compostés est plus élevée (36 %) en raison de la stabilisation additionnelle du C lors du compostage (Liang et al., 2021). Grâce à chacune des RCF pour les différents types de fumiers (Tableau A6.5–6), une méthode de quantification robuste des fluctuations dans le stockage du C dans le sol dues à l'épandage de fumiers, à échelle régionale ou nationale, est obtenue. D'après l'étude de Liang et al. (2021) cette méthode est jugée plus précise pour les conditions canadiennes que les coefficients de rapports par défaut du GIEC, qui reposent sur une mesure qualitative de l'« apport des fumiers » (GIEC, 2006).

Parmi les autres variables requises pour estimer le stockage du C dans le sol découlant de l'épandage de fumiers, notons les populations d'animaux d'élevage, l'excrétion de N dans les fumiers et la perte du N des fumiers lors du stockage et de la manutention (volatilisation de l'ammoniac et lessivage du N). Ces données concordent avec les données utilisées pour l'estimation des émissions déclarées dans les catégories Fermentation entérique et Gestion des fumiers du secteur Agriculture (voir l'Annexe 3.4). Les quantités de C dans le fumier ont été estimées à l'aide des rapports C:N compilés au moyen des données de la revue de littérature (Tableau A6.5–5).

Équation A3.5–10

$$\Delta C_{FumierC} = \sum (Nfumier_{T,SGDA,i} \times CN_{T,SGDA,i}) \times RCF_{T,SGDA}$$

$\Delta C_{FumierC}$	=	Quantité gagnée de C dans le sol par l'épandage de fumier, kg C ha^{-1} an^{-1}
$Nfumier_{T,SGDA,i}$	=	Quantité de N du fumier épandu dans un écodistrict i, par type d'animal d'élevage (T) et système de gestion des déchets animaux (SGDA) sur les cultures annuelles, kg N ha^{-1} an^{-1}
$CN_{T,SGDA,i}$	=	Rapport C:N dans le fumier épandu par T et SGDA, sans unité, précisé dans le Tableau A6.5–5
$RCF_{T,SGDA}$	=	Rétention du C des fumiers par T et SGDA, fraction, précisée dans Liang et al. (2021)

Estimations de la fluctuation des stocks de carbone dans le sol

Les fluctuations du C du sol résultant d'un CAT ont été déclarées pour toutes les années d'inventaire depuis 1990. Comme l'effet d'un CAT diminue avec le temps, la période durant laquelle le changement est censé être survenu est attribuée à chaque CAT. Le coefficient de variation du C a été multiplié par la superficie qui a subi le CAT ou l'activité de gestion. La somme de la valeur résultante pour chaque composante du sol donne une estimation des changements de COS pour le polygone des PPC. Le polygone des PPC est la plus petite unité géoréférencée des stocks de C organique des sols et des variations des stocks de C, calculée selon une méthode propre au pays :

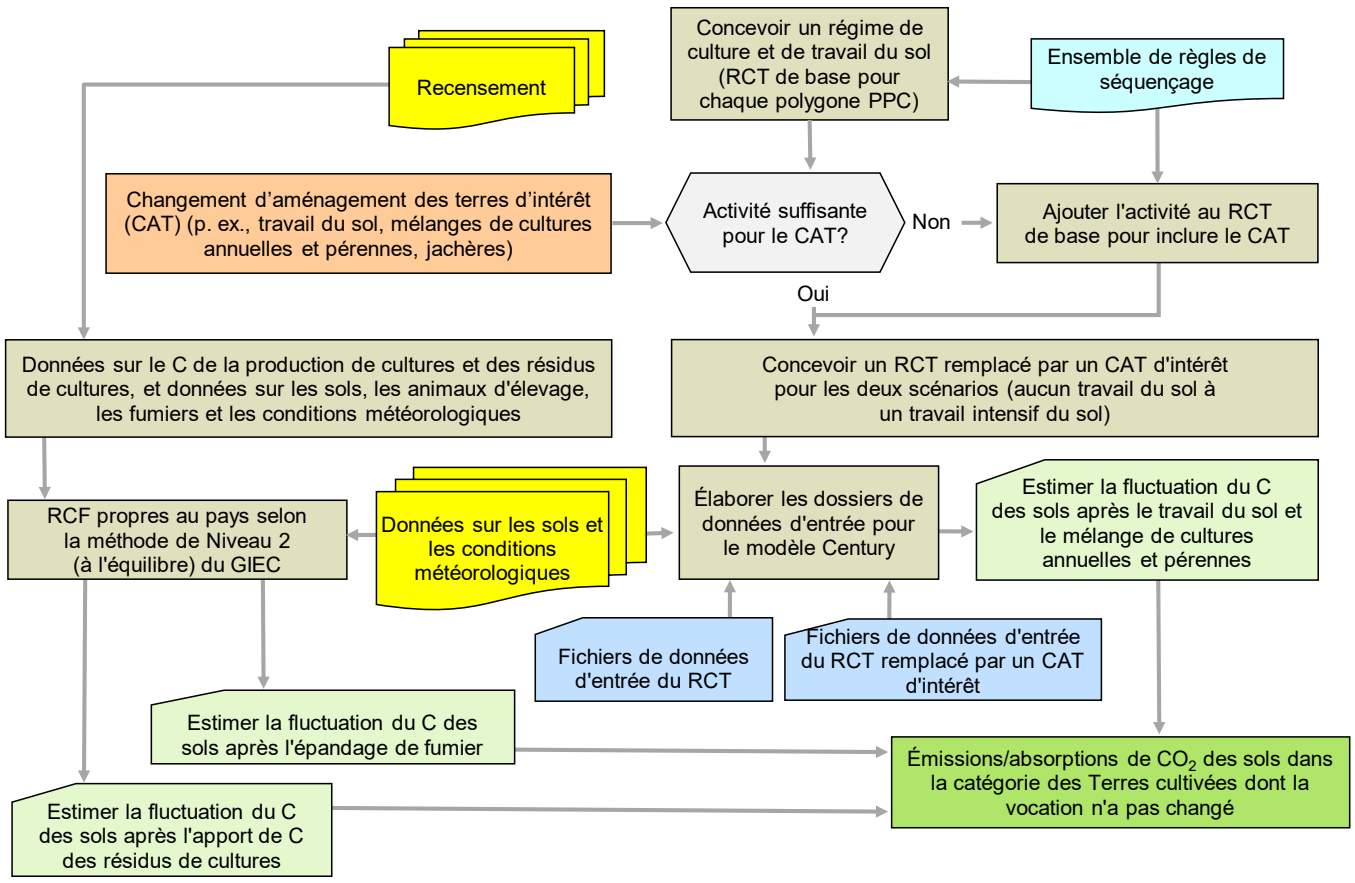
Équation A3.5–11

$$\Delta C_{CAT} = \sum_{1990-n} \sum_{TOUSPPC} \left(\Delta C_{TRAVAIL} + \Delta C_{PC} + \Delta C_{CULTURE} + \Delta C_{Cfumier}\right)$$

ΔC_{CAT}	=	fluctuation des stocks de COS attribuable au CAT d'une année donnée après 1990 jusqu'à l'année n (dernière année d'inventaire)
$TOUSPPC$	=	tous les PPC comprenant des terres soumises à des pratiques d'aménagement des terres cultivées
$\Delta C_{TRAVAIL}$	=	fluctuation des stocks de COS attribuable à un changement des méthodes de travail du sol dans chaque PPC, étant donné que chaque pratique de travail du sol change
ΔC_{PC}	=	fluctuation des stocks de C attribuable à la variation du C relatif à la productivité des cultures et aux résidus de culture dans chaque PPC
$\Delta C_{CULTURE}$	=	fluctuation des stocks de carbone attribuable au remplacement par des cultures annuelles et pérennes dans chaque écodistrict
$\Delta C_{Cfumier}$	=	fluctuation des stocks de carbone attribuable au changement relatif à l'épandage de fumier dans chaque PPC

La Figure A3.5–15 donne une représentation schématique des méthodes d'estimation du C.

Figure A3.5–15 **Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres en fonction de la superficie et de l'apport de carbone pour estimer la fluctuation du carbone au Canada**



Note :
RCF = rétention du C par le fumier

Sources de données

Pour estimer les fluctuations des stocks de C, les coefficients de C et une série chronologique de données de gestion des terres tirée du *Recensement de l'agriculture* sont utilisés. Deux types de données servent à calculer les coefficients de C (modélisation) et à établir les estimations réelles des variations des stocks de C au sol. Parmi les principales données qui servent à la modélisation des coefficients de C figurent les renseignements tirés de la base de données sur les PPC, les données sur les systèmes de culture et de labour tirés du *Recensement de l'agriculture*, les rendements des cultures, les données climatiques et les données sur les activités provenant d'autres relevés et bases de données. Les principales données utilisées pour estimer les variations annuelles de stocks de C au sol sont les données sur les pratiques d'aménagement des terres du *Recensement de l'agriculture*.

Informations sur les terres et activités

Les PPC sont une base de données spatiales à l'échelle nationale qui décrit les types de sols associés à la topographie et présentés comme polygones à une échelle de représentation de 1:1 million[9]. Les PPC ont été retenus pour le secteur ATCATF en raison de sa portée nationale et de sa structure normalisée qui font que toutes les régions du pays sont traitées de manière uniforme pour ce qui est des procédures d'évaluation de l'inventaire. La version actuelle des PPC dans les banques de données de la Base nationale de données sur les sols est la version 3.2. Dans cette version, la couverture des renseignements sur les caractéristiques du sol est principalement restreinte aux régions agricoles du Canada. Dans les cas où la cartographie des terres agricoles n'est pas couverte par la version 3.2 des PPC, les renseignements sur les

9 Disponible sur Internet à l'adresse : http://sis.agr.gc.ca/siscan/

caractéristiques du sol sont tirés de la version 2.2 des PPC, laquelle est plus ancienne, mais couvrent l'ensemble des sols du Canada. Tous les polygones des PPC sont emboîtés dans le Cadre écologique national pour le Canada de 1995, ce qui permet d'augmenter ou de réduire l'échelle des données et des estimations selon les besoins.

Dans toutes les provinces situées de l'écoumène agricole du Canada, les données détaillées des relevés pédologiques, à des échelles de carte supérieures à 1:1 million, ont été utilisées pour délimiter les polygones des PPC et constituer les fichiers des bases de données connexes. Les tableaux de composantes, de noms de sol et de couches de sol des PPC ont fourni des données d'entrée spécifiques, telles que la teneur en C du sol, la texture du sol, le pH, la densité apparente et les propriétés hydrauliques du sol, requises pour modéliser les coefficients de C avec le modèle Century. Les polygones des PPC sont le fondement spatial qui permet d'attribuer des pratiques d'aménagement des terres. Le *Recensement de l'agriculture* contient des renseignements sur les pratiques de travail du sol et les systèmes culturaux, et il est utilisé pour estimer la superficie des Terres forestières et des Prairies converties en terres cultivées, à des coefficients de C modélisés. Les superficies estimées pour les terres cultivées et les autres utilisations des terres dans chaque polygone des PPC ont été obtenues à partir de cartes fondées sur l'OT pour 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 et 2020.

Unités analytiques

Il y a un total de 3 475 polygones des PPC où sont menées des activités agricoles. Étant donné que les polygones des PPC comportent plusieurs éléments des pédopaysages, la résolution spatiale la plus fine pour l'analyse des activités agricoles dans les polygones des PPC comprend 13 771 combinaisons uniques de sols, de formes de relief et d'inclinaisons de pente. Ces combinaisons uniques représentent les unités analytiques de base. L'emplacement des types de gestion des terres et des composantes des sols n'est pas spatialement explicite, mais renvoie plutôt spatialement aux polygones des PPC.

Une procédure permettant d'attribuer les activités agricoles aux polygones des PPC en tenant compte du caractère approprié de chacune des composantes d'un polygone de sol a été élaborée. Les composantes des sols ont différentes propriétés intrinsèques qui font en sorte qu'elles sont plus ou moins susceptibles d'être utilisées pour des types d'activités agricoles spécifiques. Chaque composante d'un sol dans le fichier des attributs des PPC a une cote de probabilité élevée, modérée ou faible de porter des cultures agricoles annuelles. De cette façon, les composantes agricoles annuelles sont liées à ces sols avec une cote de probabilité élevée. Si la superficie à laquelle il est possible d'attribuer une cote élevée de probabilité de porter des cultures agricoles annuelles est insuffisante, les cultures agricoles annuelles restantes seront attribuées à des composantes agricoles annuelles présentant une probabilité modérée de porter des cultures agricoles annuelles et, au besoin, à des composantes assorties d'une cote faible. Après avoir attribué la superficie des cultures agricoles annuelles, la superficie plantée de plantes fourragères pérennes et de pâturages ensemencés a été associée aux composantes résiduelles de la même façon, en commençant par les composantes les plus susceptibles de porter des cultures annuelles et en terminant par les moins susceptibles de porter des cultures annuelles.

Rendement des cultures

Le rendement des cultures à l'échelle des écodistricts a été calculé à partir des enquêtes annuelles menées par Statistique Canada. Ces enquêtes, auxquelles ont participé pas moins de 31 000 agriculteurs, sont stratifiées par région et servent à établir des estimations de la superficie, du rendement, de la production et des stocks des principaux produits de grande culture cultivés au Canada. Plusieurs documents sont publiés par Statistique Canada à des moments stratégiques de la campagne agricole. Les rendements et les niveaux de production par province sont estimés à deux reprises : une première fois en juillet, selon les attentes à la fin de la récolte, et une deuxième fois en novembre, après la récolte. Les données sont diffusées à l'échelle des régions (données régionales) et font état des rendements des cultures d'environ 70 unités spatiales au pays. Les limites de ces régions ont été superposées aux limites des PPC dans un SIG, et une valeur de rendement de chaque culture dans chaque polygone des sols est attribuée selon la règle de la proportion majoritaire. Les données utilisées pour étalonner le sous-modèle Century de croissance des cultures pour en arriver à des coefficients fondés sur la superficie englobent les données sur le rendement de 1975 à 2004 pour le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le soja, les pommes de terre et le canola. Les données employées pour la modélisation de l'apport de C dans les cultures englobaient toutes les données sur le rendement des cultures depuis 1976. Dans les cas où aucune donnée n'existait sur le rendement des cultures à l'échelle régionale (données régionales), les statistiques provinciales ont été utilisées. Les rendements issus des données régionales de Statistique Canada pour sept principales cultures, soit l'orge, le canola, le maïs, les graines de lin, le soja et le blé, ont été affinés au moyen d'indices de la végétation de manière à tenir compte des différentes conditions de croissance dans les polygones des PPC d'après les relations linéaires entre les indices et les rendements issus des données régionales (Liu et al., 2020; Mkhabela et al., 2011).

Un flux de travail amélioré sur les rendements des cultures est mis en œuvre, intégrant trois sources de données supplémentaires en un seul ensemble harmonisé de données sur les rendements : (i) les rendements issus de l'observation de la Terre (OT), ajustés à l'aide de l'Indice de végétation amélioré 2 (EVI2), qui corrigent de façon spatialement explicite les anomalies régionales du rendement à partir de 1985 et qui sont affinées par l'amélioration progressive du Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) et des routines de Google Earth Engine (GEE); (ii) les rendements du Modèle climatique intégré aux décisions à portée environnementale (EPIC; *Environmental Policy Integrated Climate*) pour la luzerne ainsi que pour les pâturages bonifiés et non bonifiés (Williams et al., 1989), produits à partir de simulations de croissance des cultures spatialement explicites sur les polygones des PPC et améliorés grâce à des fichiers météorologiques

mis à jour; (iii) les rendements provinciaux aux fins de l'assurance-récolte , qui fournissent des estimations validées sur le terrain pour un sous-ensemble de cultures des Prairies, harmonisés aux limites des polygones des PPC à l'aide d'une série de contrôles de qualité. Ces trois sources de données sont ensuite fusionnées avec les rendements provinciaux de Statistique Canada alignés sur les totaux de production des recensements.

La quantité de C des résidus de cultures qui est retournée au sol à l'échelle d'un écodistrict depuis 1976 a été déterminée chaque année à l'aide de la production des cultures (Statistique Canada, 2020). Les données sur la mise en balles des résidus de cultures de différentes grandes cultures sont recueillies par Statistique Canada au moyen de l'enquête sur la gestion des fermes (EGF). Il existe également des données sur le brûlage des résidus de cultures (voir la section A3.4.7).

Données climatiques

La base de données d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) comprend 958 stations météorologiques (2021). Les normales à long terme des températures mensuelles maximales et minimales (T, en °C) et des précipitations (en mm) de 1951 à 2000, pour tous les écodistricts, ont servi à déterminer par modélisation les facteurs de C en fonction de la superficie. En ce qui concerne les modèles fondés sur l'apport, la base de données météorologiques d'ECCC (1981 à 2010) a été utilisée pour assurer la concordance avec les paramètres du climat employés dans la méthode d'estimation du N. L'application de la méthode de Niveau 2 du GIEC nécessite en outre les données T_{max}, T_{min}, T_{moy}, précipitations et évapotranspiration potentielle. Les données météorologiques archivées d'AAC ont été fournies par le Service météorologique du Canada d'ECCC.

Observation de la terre et *Recensement de l'agriculture*

Les données sur les activités pour l'estimation des stocks de C dans les Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé sont principalement une combinaison de données provenant du *Recensement de l'agriculture* et d'estimations de superficie fondées sur des analyses des OT. Le *Recensement de l'agriculture* est mené tous les cinq ans pour élaborer un portrait statistique des exploitations et des exploitants agricoles du Canada. Pour des raisons de confidentialité, le plus petit secteur (on en compte environ 52 000 au Canada) pour lequel Statistique Canada est prêt à divulguer à l'externe des données du *Recensement de l'agriculture* est le secteur de diffusion/dénombrement. Pour fournir une base biophysique à la modélisation, des données à ce niveau ont été attribuées aux polygones des PPC (McConkey et al., 2007a).

Des données cartographiques fondées sur les observations de la Terre ont servi à fournir des estimations des superficies pour toutes les pratiques d'utilisation des terres à l'intérieur de chacun des polygones des PPC agricoles du Canada. Les données d'OT ont servi à établir des cartes d'utilisation des terres pour les années 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 et 2020 (Huffman et al., 2015a; AAC, 2021). En utilisant les polygones des PPC comme niveau de stratification spatiale, des données ont été compilées dans sept catégories principales de couverture terrestre : terres cultivées, prairies, terres forestières, établissements, terres humides, plans d'eau et autres terres. De 1990 à l'année d'inventaire la plus récente, des estimations annuelles des superficies d'utilisation des terres ont été obtenues par interpolation entre les années d'observations terrestres et par extrapolation pour les années après la dernière année observée. Les estimations d'utilisation des terres agricoles avant 1990 sont fondées sur les données du *Recensement de l'agriculture* et sur l'évolution relative des superficies de terres cultivées et de prairies entre les périodes de recensement. Les estimations d'utilisation des terres pour 1981 ont été produites en calculant l'évolution relative de l'utilisation des terres agricoles à l'aide de données provenant des recensements de 1991 et 1981 et en appliquant les résultats aux données d'OT de 1990. Ensuite, en remontant progressivement les périodes entre les années de recensement, les changements relatifs ont servi à établir des estimations de l'utilisation des terres agricoles jusqu'en 1951. Afin de minimiser la variabilité spatiale associée aux difficultés connues liées à la déclaration des superficies d'utilisation des terres en fonction de l'emplacement principal de l'exploitation agricole, l'évolution relative de l'utilisation des terres à l'échelle spatiale de l'écodistrict a été calculée à l'échelle de l'écodistrict, et les résultats ont été appliqués à tous les polygones des PPC imbriqués.

Les attributs des terres cultivées d'après les OT ont été estimés en prenant en compte le rapport entre les attributs de la superficie des terres cultivées et la superficie totale des terres cultivées figurant dans le *Recensement de l'agriculture*. De plus, afin de réduire l'écart entre les estimations de la superficie des terres cultivées provinciales fondées sur les observations de la Terre et celles fondées sur les données du recensement, les catégories de Terres cultivées d'après les observations de la Terre (c'est-à-dire les terres cultivées, les pâturages, les vergers et les vignobles) ont été alignées à l'aide de facteurs d'échelle provinciale. Ces rapprochements ont été limités par la superficie totale des terres agricoles dans les polygones, selon l'interprétation de l'analyse des données d'OT. Les données sur les pratiques de travail du sol sont extraites du *Recensement de l'agriculture* selon les catégories suivantes : TI – travail qui incorpore la majeure partie des débris végétaux dans le sol, TRS – travail qui maintient la majeure partie des débris végétaux à la surface du sol, et CSL – culture sans labour ou semis direct. Pour ce qui est des jachères d'été, les catégories sont les suivantes : CSL – superficie sur laquelle des produits chimiques ont été exclusivement utilisés pour lutter contre les mauvaises herbes; TI – superficie sur laquelle uniquement le sol a été travaillé; TRS – superficie sur laquelle le sol a été travaillé et où des produits chimiques ont été utilisés. Des précisions sur la méthode de production de données sur les activités agricoles d'après les observations terrestres sont fournies dans Cerkowniak (2019).

Degré d'incertitude

Pour établir les degrés d'incertitude associés à l'estimation des émissions et des absorptions de CO_2, il faut d'abord estimer l'incertitude reliée à la superficie des CAT et les coefficients de C associés aux changements entre le travail du sol et les cultures annuelles et pérennes (McConkey et al., 2007b). Le degré d'incertitude tel qu'il est décrit dans ce rapport est fondé sur les méthodes suivies pour le rapport de 2014 et n'a pas encore été mis à jour en fonction des nouvelles méthodes d'OT.

Le degré de l'incertitude relative à la superficie du changement à l'échelle des écodistricts a été déterminé. La superficie moyenne de terres agricoles par écodistrict est d'environ 140 kha, ce qui est assez pour qu'on puisse considérer la superficie de chaque pratique d'aménagement indépendamment de la superficie de la même pratique dans les autres écodistricts, y compris les écodistricts attenants. Il est supposé que les erreurs dans la superficie des pratiques d'aménagement de chaque écodistrict représentent une incertitude inhérente, aucunement touchée par le degré d'incertitude associé à la même pratique dans les autres écodistricts. En outre, chaque écodistrict est assez vaste pour qu'on puisse présumer que la déclaration d'une activité nulle signifie que cette activité n'a pas cours dans l'écodistrict. En conséquence, le degré d'incertitude associé à une superficie peut être plus adapté à un écodistrict qu'à un polygone des PPC, relativement parlant.

Le degré d'incertitude associé à la superficie soumise à une pratique d'aménagement à un moment précis dans un écodistrict moyen est fondé sur la proportion relative de la superficie sujette à cette pratique d'aménagement, comparativement à la superficie totale des terres agricoles de cet écodistrict. L'incertitude relative de la superficie d'une pratique d'aménagement (exprimée comme l'écart type d'une population supposée normale) a baissé, passant de 10 % à 1,25 % de la superficie à mesure qu'augmentait la superficie relative de cette pratique (McConkey et al., 2007b).

Les hypothèses relatives aux degrés d'incertitude associés aux coefficients de fluctuation du C pour les terres en jachère, en travail du sol et en cultures annuelles et pérennes ont deux sources principales : 1) l'incertitude des processus associée aux variations du C, attribuable à l'inexactitude des prédictions relatives aux variations du C, même si la situation de la pratique d'aménagement était définie à la perfection, 2) l'incertitude situationnelle associée aux variations du C, attribuable à la variation de la situation de la pratique d'aménagement.

L'incertitude des processus comprend l'effet du degré d'incertitude du modèle, lequel englobe l'incertitude des prédictions du modèle découlant de paramètres incertains et celle qui découle d'une représentation inexacte ou incomplète de tous les processus pertinents par le modèle. Lorsque des données empiriques sont utilisées, l'incertitude des processus peut découler de carences dans les techniques de mesure, d'erreurs d'analyse, de la piètre représentativité des mesures et de composantes des variations du C non mesurées. Pour estimer la marge d'erreur des processus, l'écart par rapport aux variations du C mesurées dans le cadre d'expériences contrôlées a été utilisé. Il est présumé que cet écart représente le degré d'incertitude inhérent, même lorsque la situation est décrite avec précision. Les coefficients de mise à l'échelle associés à l'incertitude des processus pour le travail du sol et la jachère ont été calculés pour le Canada à partir des données de VandenBygaart et al. (2003).

L'incertitude situationnelle provient de l'incapacité à décrire précisément chaque situation. Elle comprend notamment l'effet des interactions avec les changements passés ou simultanés de l'utilisation ou de l'aménagement des terres, et la variabilité des conditions météorologiques, des propriétés du sol, de l'aménagement des cultures et de la continuité des changements d'affectation des terres. Les coefficients de mise à l'échelle associés à l'incertitude situationnelle pour les changements d'aménagement des terres en jachère, en travail du sol et en cultures annuelles et pérennes ont été estimés à partir de la variabilité observée des changements du C simulés dans le modèle Century pour toutes les combinaisons composantes du sol—aménagement—climat de l'UR. Les variations du C ont été calculées pour un grand nombre de combinaisons d'aménagements. De plus, un éventail de données sur les conditions météorologiques historiques par écodistrict a été intégré aux simulations du modèle Century. L'incertitude situationnelle inclut aussi la variabilité additionnelle des facteurs régionaux introduits par l'imposition de la réversibilité des changements du C. Des coefficients de mise à l'échelle moyens du degré d'incertitude situationnelle ont été calculés pour le Canada (McConkey et al., 2007b).

Bien qu'une interaction entre l'incertitude de processus et l'incertitude situationnelle soit attendue, il n'est pas possible de décrire leurs relations étant donné la complexité des nombreuses interactions possibles entre les écarts attribuables à l'incertitude des processus et ceux attribuables à l'incertitude situationnelle. Il est donc supposé que l'écart total des variations du C correspond à la somme des écarts associés aux incertitudes liées aux processus et aux situations. Dans McConkey et al. (2007b) se trouvent des renseignements détaillés sur la façon d'estimer l'incertitude. La section 6.5.1 présente les résultats de cette analyse.

Aucune analyse officielle des incertitudes n'a encore été réalisée pour l'estimation de la fluctuation du C des cultures associée à la variation du rendement des cultures. Cependant, d'autres modèles pour déterminer le C dans les sols de différentes complexités (c.-à-d. le modèle sur le carbone de Rothamsted, l'Introductory Carbon Balance Model [ICBM] et le modèle de Campbell) peuvent se servir du rendement mesuré comme apport de C dans les simulations qui ont été mises à l'essai dans l'analyse relative à l'évaluation nationale du C. Ces modèles ont également été utilisés pour simuler le COS avec différents degrés de réussite par rapport aux observations sur le terrain (Thiagarajan et al., 2022). Les valeurs estimatives de la fluctuation nationale du C ont varié, passant d'une perte de 5,4 Mt de C en 1990 à un gain de 4,4 Mt de C en 2020 selon le modèle de Campbell, et en portant le gain à 9,9 Mt de C en 1990 à 38,5 Mt de C en 2020 selon l'ICBM.

À des fins de comparaison des parties de l'Annexe 1, la méthode de Niveau 2 du GIEC a été employée pour estimer la fluctuation du COS en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de C dans les résidus de cultures aux échelles spatiales des écodistricts, des UR et de l'ensemble du Canada. Il a été constaté que les résultats de cette méthode sont à peu près équivalents à la moyenne des résultats des autres modèles, ce qui semble indiquer que la méthode donne des valeurs estimatives dans les limites des valeurs qui sont généralement observées dans d'autres études, comme le représentent les paramètres par défaut des modèles permettant de déterminer le C dans les sols.

De même, aucune analyse officielle des incertitudes n'a été réalisée pour l'estimation de la fluctuation du C des cultures en fonction de l'épandage du fumier, bien qu'il existe des données estimatives sur les incertitudes associées aux mesures sur le terrain de la rétention du C des fumiers : ±30 % pour les fumiers solides de porcs et de bovins, ±13 % pour le compost de fumier de porcs et ±330 % pour les fumiers liquides de porcs et de bovins. Des précisions sur les incertitudes associées aux types et aux populations d'animaux d'élevage, à l'excrétion de C dans les fumiers et au ratio C:N des différents types de fumier épandus sont présentées dans les sections A3.4.1 et A3.4.3 ainsi que dans le Tableau A6.5–5, respectivement.

Émissions et absorptions de CO_2 imputables à la biomasse ligneuse

Les estimations des émissions et des absorptions de la biomasse ligneuse sur les terres cultivées incluent celles qui proviennent des arbres et des arbustes sur les terres agricoles, de même que des vignes, des vergers et des plantations d'arbres de Noël. Une approche d'échantillonnage par télédétection a été utilisée pour déterminer les zones d'arbres et d'arbustes pendant la période de déclaration, et le *Recensement de l'agriculture* a permis d'obtenir des estimations des zones de vignes, de vergers et de plantations d'arbres de Noël.

Les vignobles, les vergers à fruits et les plantations d'arbres de Noël font l'objet d'un aménagement intensif afin d'assurer leur rendement soutenu. Les plants de vigne sont taillés chaque année, ne laissant que le tronc et les tiges âgées d'un an. De même, les arbres fruitiers sont taillés chaque année pour préserver la forme et la taille voulues du couvert. Les vieux plants font l'objet de remplacement par rotation pour empêcher les maladies, améliorer les sujets ou introduire de nouvelles variétés. En général, les arbres de Noël sont récoltés vers l'âge d'un an. Pour ces trois récoltes, en raison des pratiques de rotation et des impératifs de rendement soutenu, il a été présumé que la répartition des classes d'âge dans les exploitations était généralement uniforme. C'est pourquoi il ne devrait pas y avoir de hausse ou de baisse nettes du C de la biomasse dans les exploitations existantes, car le C perdu à l'occasion de la récolte ou du remplacement des arbres est équilibré par les gains attribuables à la croissance des nouveaux végétaux. La méthode s'est donc limitée à déceler les changements survenus dans les superficies des vignobles, des vergers à fruits ou des plantations d'arbres de Noël et à estimer les variations des stocks de C correspondantes dans la biomasse totale.

Aucune étude n'a été réalisée au Canada sur la dynamique du C aérien ou souterrain dans les vignobles ou les vergers à fruits. Toutefois, il est possible d'estimer que les résultats d'autres études sont valables, puisque les variétés, les techniques de production et même les porte-greffes sont souvent les mêmes. La littérature canadienne sur les plantations d'arbres de Noël a été utilisée dans la mesure du possible.

D'après les travaux de Mailvaganam (2002), il a été présumé qu'en moyenne, les plants de vigne étaient remplacés à l'âge de 28 ans et que l'âge moyen d'un plant de vigne était donc de 14 ans. En raison de la taille intensive, les taux linéaires d'accumulation de biomasse aérienne et souterraine dans les troncs et les racines sont respectivement de 0,4 et de 0,3 Mg ha^{-1} an^{-1} (Nendel et Kersebaum, 2004). Ces taux ont été convertis en valeurs du C en utilisant une teneur de la biomasse en C de 50 %. En cas de diminution de la superficie d'un vignoble, une perte instantanée de 4,9 mg C ha^{-1} a été présumée, ce qui équivaut à la biomasse moyenne sur pied de plants de vigne âgés de 14 ans (McConkey et al., 2007a).

À cause de différences de densité de plantation, la quantité de biomasse sur pied par unité de superficie pour les vergers de pommiers et de pêchers variait étroitement, entre 36 et 40 Mg/ha (McConkey et al., 2007a). Cette similitude n'a rien d'étonnant, puisque peu importe la taille des arbres et la densité de plantation, la forme et le couvert des arbres sont modifiés de manière à maximiser la photosynthèse nette par superficie. Le taux annuel de séquestration du C sur une période de croissance de 10 ans a été évalué à 1,6 mg C ha^{-1} an^{-1}. Le même taux, multiplié par un rapport système racinaire/système foliacé de 0,4 (Bartelink, 1998), a été utilisé pour estimer le taux de séquestration du C dans la biomasse souterraine. La perte instantanée de C lors d'une diminution des vergers équivaut à 50 % de la biomasse totale d'un arbre âgé de 10 ans (22,4 mg C ha^{-1}).

Les arbres de Noël sont commercialisés à l'âge d'environ 10 ans (Mc Conkey et al., 2007a). Avec un rapport système racinaire/système foliacé de 0,3 (Bartelink, 1998; Litton et al., 2003; Xiao et Ceulemans, 2004), le C total de la biomasse d'une plantation d'arbres marchands est donc estimé à 11,1 mg C ha^{-1}. La séquestration du C dans la biomasse de nouvelles plantations d'arbres de Noël est calculée pour cinq ans à des taux de 0,85 et 0,26 mg C ha^{-1} respectivement pour la biomasse aérienne et la biomasse souterraine. Une diminution de la superficie de plantation provoque la perte immédiate de 5,6 mg C ha^{-1}.

Les arbres et les arbustes sur les terres agricoles comprennent les types de couverture ligneuse vivace dans les fermes, les brise-vent et les haies. Le stockage de C dans la biomasse ligneuse à l'échelle du paysage change avec le temps à mesure que les arbres et les arbustes croissent et meurent; ou dans des zones terrestres où la biomasse ligneuse change en raison de la plantation, de la colonisation de terres cultivées ou du déboisement.

L'approche d'échantillonnage fondée sur l'OT, utilisée pour quantifier les changements dans la biomasse ligneuse sur les terres cultivées au Canada a été élaborée par Huffman et al. (2015b). En bref, le cadre écologique national (Marshall et al., 1999) a servi de base à une approche d'échantillonnage aléatoire stratifié, avec l'objectif de 30 sites d'échantillonnage par écozone. Des photos aériennes historiques à haute résolution provenant de la Photothèque nationale de l'air de Ressources naturelles Canada et de bases de données provinciales ont été choisies pour numériser la couverture terrestre des arbres et des arbustes à l'intérieur de parcelles de 1 km^2 ou de 4 km^2 vers les années 1990, 2000 et 2010 à une échelle de 1:10000. La catégorie « arbres » de la couverture terrestre a été définie comme ayant moins de 25 % de fermeture du couvert forestier et s'étendant sur une superficie de moins d'un hectare. La catégorie « arbustes » de la couverture terrestre représente les plantes ligneuses non agricoles qui ne seraient pas censées correspondre à la définition de la forêt ou des « arbres » lorsque parvenues à maturité. Les estimations du rendement en volume ligneux pour chaque écozone ont été établies en fonction de la littérature publiée et de consultations auprès de spécialistes provinciaux de la foresterie et de l'agriculture, d'associations pour la conservation et d'universitaires. Dans l'ensemble, les estimations du volume ligneux au-dessus du sol ont varié de 99,3 à 181,7 m^3 ha^{-1} dans les écozones, et les augmentations moyennes annuelles estimées, de 1,2 à 3,8 m^3 ha^{-1} $année^{-1}$. Compte tenu de l'ajout d'un nouvel ensemble de données en 2020, la croissance, la perte et le gain de la biomasse d'arbres et d'arbustes (en tonnes de C) ont été calculés pour deux périodes : 1990 à 2000 et 2000 à 2010 sur les terres cultivées. Une technique de raccord par interpolation tirée des Lignes directrices de 2006 du GIEC est appliquée à la transition entre les deux périodes pour adoucir la série chronologique. Les analyses, les coefficients et les paramètres utilisés pour estimer les changements des stocks de C sont fondés sur la méthodologie décrite par Huffman et al. (2015b) pour les deux périodes.

D'après l'analyse de la production de bois de chauffage, les terres agricoles constituent une importante source de combustible pour la production de bioénergie résidentielle au Canada (Doyon et al., 2019). Une part de la perte de biomasse ligneuse sur des terres cultivées a donc été transférée au réservoir de PLR comme intrant de bois de chauffage pour répondre aux besoins régionaux en matière de bioénergie résidentielle (consulter la section A3.5.3) à l'échelle des UR. En outre, dans les UR où il y a une pénurie de PLR destinés à des fins de bois de chauffage, la biomasse ligneuse manquante est supposée fournie par les UR voisines. Le C transféré de la biomasse ligneuse est déclaré dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé en tant que flux vers les PLR.

Degré d'incertitude

Les éléments des vergers et des vignes qui poussent mal sont régulièrement enlevés et remplacés, et les arbres fruitiers et les vignes sont souvent irrigués afin de maintenir la croissance désirée au cours des périodes de sécheresse. En conséquence, la variabilité des changements des stocks de C devrait être moindre que pour les autres activités agricoles.

En ce qui concerne la perte de superficie, il est présumé que tout le C de la biomasse ligneuse est émis immédiatement. Comme il n'existe aucune donnée particulière au Canada sur l'incertitude concernant les vignes, les vergers et les plantations d'arbres de Noël, le degré d'incertitude par défaut de ±75 % pour la biomasse ligneuse sur les terres cultivées, tiré des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour ces types de couverture terrestre, a été utilisé. L'approche de propagation d'erreurs décrite dans Huffman et al. (2015b) a été appliquée aux arbres et aux arbustes. Si la perte de superficie d'arbres fruitiers, de vignes ou de plantations d'arbres de Noël est estimée s'être faite au profit de cultures annuelles, une certaine conversion des cultures pérennes au profit des cultures annuelles se produit également. Celle-ci est associée à son propre degré d'incertitude quant aux variations du C, lequel contribue à l'incertitude globale des variations du C pour une zone de déclaration donnée.

Travail des sols organiques

Le travail des histosols pour les cultures agricoles annuelles et les cultures fourragères pérennes comprend généralement des opérations de drainage, de labour et de fertilisation. Toutes ces pratiques ont pour effet d'accélérer la décomposition du COS et par conséquent de rejeter du CO_2 dans l'atmosphère.

Méthodologie

La méthode de Niveau 1 du GIEC repose sur le taux de C rejeté par unité de superficie :

Équation A3.5–12

$$C = \sum (A_i \times CE)$$

C = émissions de C résultant du travail des sols organiques (Mg C an^{-1})

A_i = superficie de sols organiques travaillés pour les cultures agricoles annuelles et fourragères pérennes dans la province i, en ha

CE = coefficient d'émission de carbone, en Mg de C perdu ha^{-1} an^{-1} (le coefficient d'émission par défaut de 7,9 et 5,7 Mg C ha^{-1} an^{-1} [GIEC, 20014] a respectivement été utilisé pour les cultures agricoles annuelles et fourragères pérennes)

Sources de données

Les superficies d'histosols travaillés à l'échelle provinciale ne sont pas comprises dans le *Recensement de l'agriculture*. Faute de ces données, de nombreux spécialistes des sols et des cultures du Canada ont été consultés. D'après ces consultations, la superficie totale de sols organiques travaillés au Canada est estimée à 50 kha (Liang et al., 2004), dont 16 kha pour la culture agricole annuelle et 34 kha pour les cultures fourragères pérennes.

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude associé aux émissions de cette source provient des incertitudes liées aux estimations du coefficient d'émission et de la superficie des histosols cultivés. Un degré d'incertitude de ±50 % a été attribué à la limite de confiance à 95 % associée à l'estimation de la superficie des histosols cultivés, alors que la limite de confiance à 95 % du coefficient d'émission proposée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) est associée à un degré d'incertitude de ±90 %. Les résultats de la consultation de 2004 faisaient état de superficies connues de sols organiques au Canada drainés et activement cultivés. Selon des analyses récentes, il y aurait un chevauchement important entre les régions ayant des sols organiques et l'activité agricole (Carlson et al., 2017; Rochefort et al., 2022). D'autres études de ces analyses sont en cours, mais aucun lien clair n'a été établi entre la présence de sols organiques et l'exploitation et le drainage agricoles actifs de ces sols. Il est probable que l'exploitation et le drainage agricoles affectent indirectement ces derniers, mais il est improbable que les coefficients d'émission formulés dans les lignes directrices actuelles conviennent aux effets indirects.

A3.5.4.2. Prairies converties en terres cultivées

La conversion de prairies indigènes en terres cultivées entraîne des pertes de COS et d'azote organique du sol, ce qui a pour effet de rejeter du CO_2 et du N_2O dans l'atmosphère.

Plusieurs études sur les variations du COS et de l'azote organique du sol dans les prairies converties en terres cultivées ont été menées dans les zones de sol brun, brun foncé et noir des Prairies du Canada; McConkey et al. (2007a) en résument les résultats.

Fluctuations des stocks de C découlant de la biomasse

La conversion des prairies en terres cultivées entraîne une perte de biomasse dans les prairies et un gain de biomasse dans les terres cultivées durant l'année de conversion. Une perte de biomasse de 100 % dans les prairies est comptabilisée dans cette conversion. En raison de la variabilité de la biomasse dans les prairies canadiennes, une valeur par défaut de 6,5 t dm ha^{-1} a été employée, tel que recommandé dans le Tableau 6.4 du Chapitre 4 des Lignes directrices du GIEC (2006), et une teneur en carbone de 0,47 a été employée selon les Lignes directrices du GIEC (2006). Pour les terres cultivées, les valeurs de biomasse ont été estimées en fonction du rendement en grains, de l'indice de récolte et du rapport racines/parties aériennes (Fan et al., 2017; Jansen et al., 2003; Thiagarajan et al., 2018). Les fluctuations des stocks de C ont été calculées comme étant la différence entre la perte et le gain de biomasse à l'échelle spatiale de l'UR.

Pertes de carbone organique du sol

D'après les observations de terrain, la perte moyenne de COS s'établit à 22 % (McConkey et al., 2007a). Bon nombre des études comportaient des comparaisons dans les 30 ans suivant la mise en culture des prairies indigènes, alors que d'autres étaient réalisées 70 ans ou plus après la mise en culture. Étant donné que beaucoup de ces études ne précisaient pas le délai écoulé depuis la mise en culture, il est présumé qu'une perte de 22 % du COS correspond à un intervalle d'environ 50 à 60 ans après la conversion des prairies.

Le modèle Century (version 4.0) est utilisé pour estimer la dynamique du COS découlant de la conversion des prairies en terres cultivées pour les tchernozems bruns et brun foncé (Figure A3.5–16). Peu après la mise en culture, une augmentation de la matière organique du sol a été constatée, étant donné que la biomasse souterraine des herbes fait maintenant partie du COS. Au bout de quelques années, le COS baisse en deçà de la quantité de COS qui existait dans les conditions de prairie. Le taux de diminution du COS ralentit progressivement avec le temps. Si l'on ne tient pas compte de l'augmentation initiale du COS attribuable au C qui est ajouté par les racines, cette dynamique du COS est décrite par l'équation suivante :

Équation A3.5–13

$$\Delta C(t) = \Delta C_{Bmax} \times [1 - exp\{-k \times (t - t_{éc})\}]$$

$\Delta C(t)$ = variation du COS pour la t^e année après la conversion, en Mg C ha^{-1}

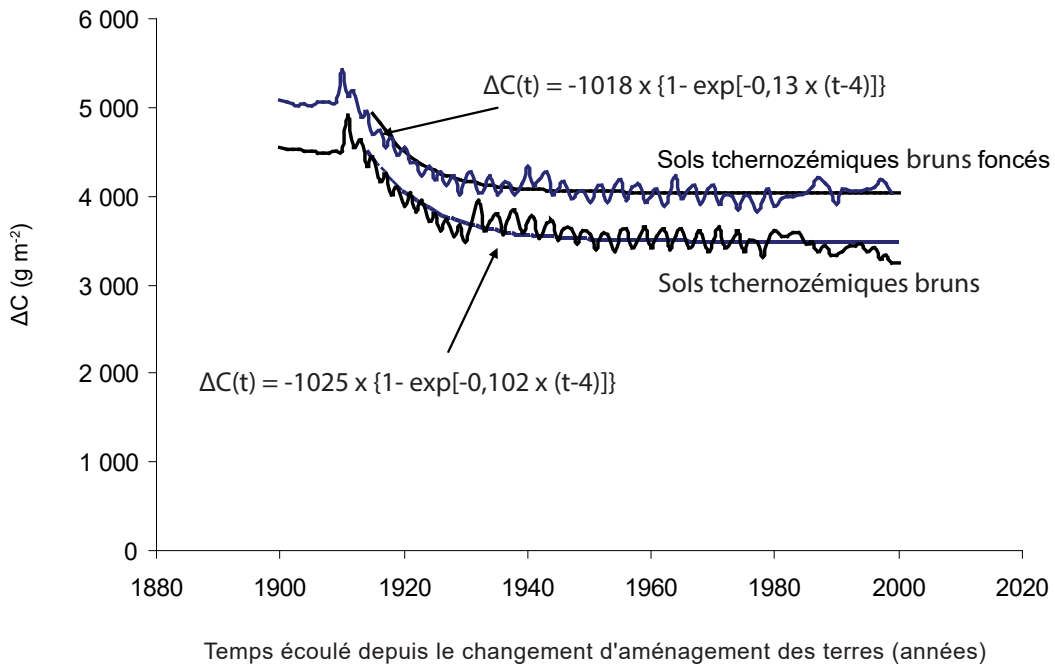
ΔC_{Bmax} = changement ultime du COS des prairies à la terre cultivée, Mg C ha^{-1}

k = vitesse constante qui décrit la décomposition, an^{-1}

t = temps écoulé depuis la mise en culture des prairies, en années

$t_{éc}$ = temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Figure A3.5–16 **Dynamique du COS après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernozémiques bruns et brun foncé, simulée par le modèle Century**



En supposant que la perte de 22 % survenue environ 50 à 60 ans après la mise en culture initiale est la perte totale, la valeur de ΔC_{Bmax} s'établit alors à 0,22/(1-0,22) = 28 % du COS stabilisé selon l'utilisation des terres agricoles. Puisque l'incertitude liée à la dynamique réelle, le décalage dans la perte de COS depuis la mise en culture des prairies jusqu'au déclin immédiat suivant la mise en culture est présumé nul. Compte tenu de ces hypothèses, l'équation générale qui permet de prédire la perte de COS à partir de la mise en culture des prairies devient la suivante :

Équation A3.5–14

$$\boldsymbol{\Delta C(t) = 0{,}28 \times COS_{agric} \times [1 - exp\,(-0{,}12 \times t)]}$$

$\boldsymbol{\Delta C(t)}$ = variation du COS pour la t^e année après la conversion, en Mg C ha^{-1}

$\boldsymbol{t}$ = temps écoulé depuis la mise en culture, en années

$\boldsymbol{COS_{agric}}$ = COS de 0 à 30 cm, tiré de la Base de données nationales sur les sols de SISCan pour l'utilisation des terres agricoles (catégorie des Terres cultivées), en Mg C ha^{-1}

C'est ainsi que les pertes totales de COS dans les Prairies converties en terres cultivées ont été calculées à l'aide de la méthode de Niveau 2 du GIEC :

Équation A3.5–15

$$\Delta C_{PR-TC} = \sum_{1951-n} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AIRE_{PR-TC})$$

$\boldsymbol{\Delta C_{PR\text{-}TC}}$ = pertes de COS attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées de 1951 à l'année n, en Mg C

$\boldsymbol{TOUSPPC}$ = tous les polygones du sol qui contiennent des prairies converties en terres cultivées

$\boldsymbol{t}$ = temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années

$\boldsymbol{\Delta C_t}$ = variation du COS pour la t^e année après la conversion, en Mg C ha^{-1}

$\boldsymbol{AIRE_{PR\text{-}TC}}$ = superficie des prairies converties annuellement en terres cultivées depuis 1951, en ha

Pertes d'azote organique du sol et émissions de N_2O

La variation de la concentration en azote organique du sol est estimée correspondre à une proportion fixe des pertes de C. Lorsque des fluctuations simultanées de l'azote organique du sol et du COS étaient détectées, il a été déterminé que la fluctuation moyenne de l'azote organique du sol était de 0,06 kg N perdu/kg C (McConkey et al., 2007a). Ainsi, les émissions de N_2O découlant de la conversion de prairies en terres cultivées ont été calculées au moyen de la méthode de Niveau 2 du GIEC :

Équation A3.5–16

$$N_2O_{PR-TC} = \sum_{1951-n} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_{PR-TC} \times AIRE_{PR-TC}) \times 0,06 \times CE_{BASE} \times CR_SN \times CR_TX \times CR_HS \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{PR-TC}	=	émissions de N_2O en 2016 attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées de 1951 à l'année n (année d'inventaire en cours), en kt
$TOUSPPC$	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies converties en terres cultivées
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_{PR-TC}	=	variation du COS pour la t^e année après la conversion des prairies, en Mg C ha^{-1}
$AIRE_{PR-TC}$	=	superficie des prairies converties annuellement en terres cultivées depuis 1951, en ha
CE_{BASE}	=	coefficient d'émission de N_2O, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations de la saison de croissance de mai à octobre) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.4.5)
CR_SN	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la source de N sur les émissions de N_2O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_TX	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la texture (TX) des sols sur les émissions de N_2O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_HS	=	coefficient de rapport pour corriger les émissions N_2O du sol hors de la saison de croissance (voir la section A3.4.5)
$0,06$	=	rapport des pertes de NOS sur celles du COS N
$44/28$	=	facteur de conversion de N_2O - N en N_2O

Sources de données

La superficie des prairies déclarée dans la catégorie Prairies dont la vocation n'a pas changé a été estimée au moyen d'une combinaison de données tirées du *Recensement de l'agriculture* et de l'OT. Les estimations de la superficie déclarées dans la catégorie Prairies converties en terres cultivées reposent sur le rapprochement des changements dans la superficie des terres entre les Prairies dont la vocation n'a pas changé et les terres soumises à la gestion des terres cultivées. Pour éviter les problèmes liés aux déclarations faites par les exploitations agricoles, les données ont été regroupées à l'échelle des écodistricts avant le processus de rapprochement des terres. Les estimations de superficie des Prairies converties en terres cultivées à l'échelle des écodistricts ont ensuite été réparties en polygones des PPC.

Dans chaque polygone des PPC, la superficie déclarée dans la catégorie des Prairies dont la vocation n'a pas changé a été affectée aux composantes du sol cotées « faibles » en ce qui concerne la « probabilité d'être cultivées ». Les données sur la teneur en C du sol tirées de la Banque de données nationales sur les sols ont servi à calculer la teneur moyenne en COS dans chacun des sols des polygones des PPC.

Degré d'incertitude

La conversion de prairies agricoles en terres cultivées est permise, contrairement à l'inverse. L'incertitude associée à la superficie convertie dans un écodistrict donné ne peut être plus grande que l'incertitude associée à la superficie finale des terres cultivées ou de la superficie initiale de prairie. Par conséquent, le degré d'incertitude associé à la superficie de conversion est présumé égal soit au degré d'incertitude de la superficie de terres de la catégorie des Terres cultivées, soit à celui de la catégorie des Prairies, selon l'incertitude la moins élevée. Il a été présumé que le coefficient de mise à l'échelle était le même que pour les conversions entre cultures annuelles et pérennes (McConkey et al., 2007b).

A3.5.4.3. Terres forestières converties en terres cultivées

Émissions de CO_2 et de N_2O des sols

Le défrichage des forêts pour accroître la superficie de terres agricoles est en baisse, mais reste important au Canada. La présente section décrit la méthode d'estimation des changements des émissions de CO_2 et de N_2O se rattachant aux perturbations du sol. La méthode d'estimation des émissions de la biomasse au moment de la conversion est présentée aux sections A3.5.2.1 et A3.5.2.7. En ce qui concerne les fluctuations du COS, il faut faire la distinction entre l'Est et l'Ouest du Canada.

Est du Canada

Plusieurs études ont comparé les valeurs de COS dans les terres couvertes de forêt avec les valeurs de COS dans les terres agricoles attenantes dans l'Est du Canada. La perte moyenne de C était de 20,3 % dans la couche supérieure de 30 cm du sol (McConkey et al., 2007a). Cette valeur est comparable à celle qu'il est possible de retrouver dans la base de données des sols de SISCan (Tableau A6.5–12), laquelle montre qu'en moyenne, le COS dans la couche supérieure de 30 cm des sols affectés à l'agriculture était inférieur de 20,5 % au C dans les sols couverts de forêts.

Même si les valeurs de COS des terres boisées comprennent le C dans la couche de litière au-dessus du sol minéral, dans la pratique, il subsiste toujours un degré d'incertitude rattaché à la quantification de cette source de C ainsi que du C organique dans les débris du sol (Paul et al., 2002). L'érosion du sol, dont il est généralement présumé qu'elle augmente dans les sols affectés à l'agriculture, a aussi pour effet de réduire les valeurs de COS mesurées dans les sols agricoles.

Le modèle Century (version 4.0) a été utilisé pour estimer la dynamique du COS résultant de la conversion des forêts (Figure A3.5–17). Au cours des premières années qui suivent la conversion, une augmentation de la matière organique du sol a été constatée, car la litière et la MOM aérienne et souterraine deviennent partie intégrante du COS. Au bout de quelques années, le COS baisse en deçà de la quantité qui existait avant la conversion des forêts. Le taux de diminution du COS ralentit progressivement avec le temps.

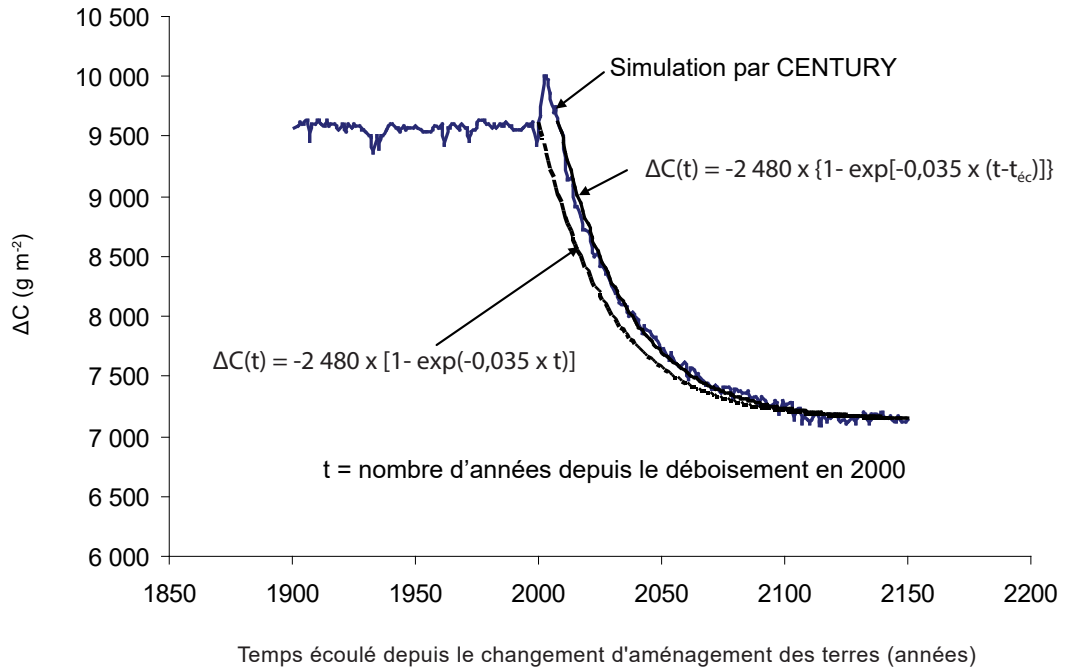
L'équation suivante a été ajustée aux résultats du modèle Century dans la Figure A3.5–16, en excluant l'augmentation initiale du COS :

Équation A3.5–17

$$\Delta C(t) = \Delta C_{Dmax} \times [1 - exp\,((-k \times [t - t_{éc}\,])]$$

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la t^{e} année après la conversion, en Mg C ha^{-1}
ΔC_{Dmax}	=	changement maximal du COS depuis la conversion des forêts jusqu'à l'agriculture, Mg C ha^{-1}
K	=	constante qui décrit la décomposition, année^{-1}
t	=	temps écoulé depuis la conversion des terres forestières, en années
$t_{éc}$	=	temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Figure A3.5–17 **Carbone organique du sol après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées, simulé selon le modèle Century**



Dans les simulations du COS après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées (Figure A3.5–17), 25 % des pertes de C se produisent dans les 20 ans qui suivent le déboisement et 90 %, dans les 100 ans. Compte tenu de l'incertitude quant à la dynamique réelle, une absence de décalage dans la perte du COS depuis la conversion des forêts est présumée, de sorte que le COS commence à régresser immédiatement après la conversion des forêts; la perte de COS rajustée (Figure A3.5–17) est donc utilisée pour estimer la perte de COS avec un décalage fixé à 0 après rajustement.

La perte moyenne de 20,5 % de COS découlant de la conversion de forêts en terres cultivées dans l'Est du Canada, d'après les données du système SISCan, est présumée correspondre à la période d'environ 100 ans écoulée depuis la conversion des forêts. Ainsi, la valeur de ΔC_{Dmax} est corrigée par un facteur de 1/0,927 fois, lequel suppose, d'après l'intégration de l'Équation A3.5–18 que la perte de C après 100 ans s'élève à 92,7 % seulement. La correction donne une valeur de ΔC_{Dmax} de 22,1 % de COS dans des conditions forestières à long terme. Comme la base de données SISCan contient plus de données sur le COS dans les conditions de culture à long terme que sur le COS dans des conditions forestières à long terme dans les régions où se trouvent des terres cultivées, les pertes maximales de COS ont été calculées par rapport à un COS de terres cultivées stabilisées (perte = 0,221/[1-0,221] × COS, ou = 0,284 × COS dans des conditions de culture). Ainsi, l'équation finale qui permet d'estimer la perte de COS attribuable à la conversion des forêts au profit de l'agriculture dans l'Est du Canada est la suivante :

Équation A3.5–18

$$\Delta C(t) = 0{,}284 \times COS_{agric} \times [1 - exp\,(-0{,}0262 \times t)]$$

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la t^{e} année après la conversion, en Mg C ha^{-1}
COS_{agric}	=	COS de 0 à 30 cm pour une terre cultivée, en mg C ha^{-1}, d'après les données de SISCan
$-0{,}0262$	=	constante qui décrit la décomposition, an^{-1}
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années

Ainsi, la quantité totale de COS perdu des Terres forestières converties en terres cultivées est estimée de la manière suivante :

Équation A3.5–19

$$\Delta C_{TF-TC} = \sum_{1970-\mathrm{n}} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AIRE_{TF-TC})$$

ΔC_{TF-TC}	=	perte totale de COS en l'année n dans les Terres forestières converties en terres cultivées de 1970 à l'année n, en Mg C ha^{-1}
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années
$TOUSPPC$	=	tous les polygones de sol renfermant des terres forestières converties en terres cultivées
ΔC_t	=	variation du COS pour la t^{e} année après la conversion, en Mg C ha^{-1} (voir l'Équation A3.5–18)
$AIRE_{TF-TC}$	=	superficie de terres forestières converties en terres cultivées chaque année depuis 1970, ha

Fait à signaler, la perte de COS définie par l'Équation A3.5–19 s'ajoute aux variations du stock de C dans la biomasse ligneuse et dans la MOM ligneuse présentes dans la forêt au moment de la conversion des forêts.

D'après les observations effectuées sur le terrain, la variation moyenne de la concentration de N dans l'Est du Canada a été établie à -5,2 %, soit 0,4 Mg N/ha (McConkey et al., 2007a). Pour les comparaisons où la perte de N et de C a été déterminée simultanément, la perte correspondante de C est de 19,9 Mg C/ha, et la perte de C est 50 fois supérieure à celle de N. Par souci de simplicité, il a été présumé que la perte de N était fixée à une valeur constante de 2 % de la perte de C. Ainsi, les émissions de N_2O de la conversion des terres forestières en terres cultivées sont estimées de la manière suivante :

Équation A3.5–20

$$N_2O_{TF-TC} = \sum_{1970-\mathrm{n}} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AIRE_{TFTC}) \times 0{,}02 \times CE_{BASE} \times CR_SN \times CR_TX \times CR_HS \times \frac{44}{28} \times 1000^{-1}$$

N_2O_{TF-TC}	=	émissions de N_2O attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées de 1970 à l'année n (année d'inventaire en cours), en kt
$TOUSPPC$	=	tous les polygones du sol où des terres forestières sont converties
ΔC_t	=	variation du COS pour la t^{e} année après la conversion, en Mg C ha^{-1} an^{-1}
$AIRE_{TFTC}$	=	superficie des forêts converties annuellement en terres cultivées depuis 1970, en ha
$0{,}02$	=	conversion du C en N
CE_{BASE}	=	coefficient d'émission de base, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations pendant la saison de croissance de mai à octobre) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.4.5)
CR_SN	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la source de N sur les émissions de N_2O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_TX	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la texture (TX) des sols sur les émissions de N_2O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_HS	=	coefficient de rapport pour corriger les émissions N_2O des sols hors de la saison de croissance (voir la section A3.4.5)
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années
$44/28$	=	facteur de conversion de N_2O-N en N_2O
1000^{-1}	=	conversion de Mg à kt

Ouest du Canada

Une bonne part des sols agricoles actuels de l'Ouest du Canada étaient des prairies avant d'être cultivés. Par conséquent, la conversion de forêts en terres cultivées touche principalement les forêts attenantes aux prairies. De plus, les forêts de seconde venue qui ont poussé sur d'anciennes prairies depuis que les feux de végétation sont supprimés en raison du développement agricole ont connu une conversion limitée. Historiquement, la conversion a été moins importante que dans l'Est du Canada; c'est pourquoi la documentation présente moins de comparaisons du COS entre les sols forestiers et les sols agricoles pour cette région. Ellert et Bettany (1995) ont signalé qu'il n'y avait aucune différence entre les valeurs COS des forêts de tremble indigène et celles des pâturages à long terme qui n'ont pas été cultivés depuis le défrichage pour un luvisol brun orthique, près de Star City, en Saskatchewan.

Les données du SISCan permettent de nombreuses comparaisons du COS dans les sols forestiers et dans les sols agricoles (Tableau A6.5–12). En moyenne, ces données n'indiquent aucune perte de COS attribuable à la conversion des forêts. Cela semble indiquer qu'à long terme, l'équilibre entre les apports de C et la minéralisation du COS demeure semblable dans les sols agricoles et dans les sols forestiers. Il est important de savoir que la périphérie nord des secteurs agricoles de l'Ouest du Canada, où se produit actuellement la majeure partie de la conversion des forêts, comporte des terres marginales pour ce qui est des cultures annuelles; les pâturages et les cultures fourragères sont les principales utilisations agricoles après le défrichage. En général, la perte de C lors de la conversion des forêts en terres cultivées est moindre lorsque les terres agricoles portent des fourrages et des pâturages.

Pour l'Ouest du Canada, aucune perte de COS à long terme découlant de la conversion des terres forestières en pâturages et en cultures fourragères n'a été présumée. C'est pourquoi la perte de C découlant de la conversion des terres dans l'Ouest du Canada serait attribuable aux pertes de C dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres et dans la MOM ligneuse grossière présentes dans la forêt au moment de la conversion. De même, les changements moyens de l'azote organique aux stations de prairies de l'Ouest du Canada converties en terres cultivées depuis au moins 50 ans étaient de +52 % (McConkey et al., 2007a), ce qui traduit l'ajout appréciable de N aux systèmes agricoles par rapport à la situation des forêts. Toutefois, considérant le degré d'incertitude quant à la dynamique réelle du ratio C-N dans les sols après la conversion, il a été présumé que les terres forestières converties en terres cultivées n'étaient pas une source de N_2O provenant du réservoir pédologique. Des émissions de N_2O sont déclarées chaque fois que la conversion s'accompagne d'une combustion de biomasse (voir la section A3.5.2.1).

Fluctuations de la biomasse

Le MBC-SFC3 estime la perte de stocks de C dans la biomasse et les émissions subséquentes ou leur réduction dans les Terres forestières lorsque celles-ci sont converties en Terres cultivées. Les stocks de C dans la biomasse gagnés après les événements de déforestation durant l'année de conversion sont estimés à l'aide des valeurs propres au pays de Niveau 2. Pour les terres cultivées, les valeurs de biomasse ont été estimées en fonction du rendement en grains, de l'indice de récolte et du rapport racines/parties aériennes (Fan et al., 2017; Jansen et al., 2003; Thiagarajan et al., 2018), conformément à la méthodologie en lien avec le COS. Les émissions ou les réductions nettes causées par les fluctuations de la biomasse en raison de la déforestation sont calculées comme étant la différence entre les stocks de C dans la biomasse des Terres cultivées et les stocks de C dans la biomasse des Terres forestières durant l'année de conversion.

Sources de données

La méthode qui a servi à estimer la superficie convertie de terres forestières en terres cultivées est décrite à la section A3.5.2.7. La superficie annuelle de terres forestières converties par UR a été subdivisée en polygones des PPC en fonction des changements simultanés qui surviennent dans la superficie des terres cultivées dans les polygones des PPC. Seuls les polygones qui affichaient une hausse de la superficie des terres cultivées au cours de la période voulue ont été affectés à la conversion des forêts, et la quantité affectée équivaut à la proportion de l'augmentation totale des terres cultivées de ce polygone au sein de l'UR.

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude associé avec les variations du C dans chaque zone de déclaration a été estimé différemment dans l'Est et dans l'Ouest du Canada, en raison d'écarts entre les méthodes d'estimation (McConkey et al., 2007b). Dans l'Ouest du Canada, le degré d'incertitude des variations du C a été estimé, même si la valeur moyenne du coefficient de variation du C était de zéro. L'hypothèse était que le degré d'incertitude associé aux variations du COS après la conversion de forêts en terres cultivées dans l'Ouest du Canada suivrait une tendance similaire à celle de l'Est du Canada.

A3.5.5. Prairies

Au Canada, les terres agricoles déclarées dans la catégorie des Prairies sont définies comme des pâturages non bonifiés qui servent à l'alimentation du bétail domestique, mais seulement dans les régions géographiques où les prairies ne retournent pas naturellement à l'état de forêt si elles sont abandonnées, soit le sud de la Saskatchewan et l'Alberta et une petite partie du sud de la Colombie-Britannique. Essentiellement, la catégorie Prairies comprend les grands parcours naturels aménagés de manière extensive au Canada. La définition des prairies y est principalement délimitée par des contraintes climatiques, de sorte que la frontière est fixée aux régions où les terres ne retournent pas à l'état de forêt lorsqu'elles sont

abandonnées. Lorsque les prairies changent de vocation en perdant du carbone, la perte vers l'atmosphère est considérée comme permanente et irréversible. Cette définition des prairies diffère de celles des systèmes les définissant comme toute forme de couvert pérenne qui gagne ou qui perd du carbone en passant de pérenne à annuelle et vice-versa, une perte alors réversible. La gestion des terres pérennes ayant été mises en culture, cultivées et ensemencée sous forme de terres pérennes sont déclarées dans la catégorie « mélange de cultures » des Terres cultivées.

Les principales activités humaines directes ayant une incidence sur les prairies agricoles du Canada sont la suppression par le feu, l'ajout de nouvelles espèces végétales dans les prairies ainsi que le volume, la durée et le moment du broutage par les animaux d'élevage domestiques. Les méthodes d'estimation des émissions ou des absorptions de CO_2 résultant d'activités humaines directes et des émissions de CH_4 et de N_2O attribuables aux feux naturels ou au brûlage dirigé dans les prairies agricoles au Canada, sont présentées dans la section A3.5.5.1.

A3.5.5.1. Prairies dont la vocation n'a pas changé

La méthode d'estimation du CO_2 part du principe selon lequel, dans les prairies aménagées depuis longtemps, les fluctuations des stocks de C du sol au cours d'une certaine période surviennent après des changements des méthodes de gestion du sol qui influent sur les taux d'ajout de C ou de perte de C du sol.

Équation A3.5–21

$$COS = COS_{RÉF} \times CV_G \times CV_A$$

COS	=	stock de C organique du sol à un moment donné, depuis le changement de gestion et d'apport, Mg C ha^{-1}
$COS_{RÉF}$	=	stock de COS de référence, Mg C ha^{-1}
CV_G	=	coefficient de variation des stocks de C pour le régime de gestion, sans unité
CV_A	=	coefficient de variation des stocks de C pour l'apport de matière organique, sans unité

La superficie totale de prairies aménagées est calculée comme suit :

Équation A3.5–22

$$A_n = PRPR_{1990} - \sum_{1990}^{n} PRTC$$

A_n	=	superficie totale des prairies dont la vocation n'a pas changé en l'année d'inventaire n, en ha
$PRPR_{1990}$	=	superficie des prairies dont la vocation n'a pas changé en 1990, en ha
$PRTC$	=	superficie des prairies converties en terres cultivées depuis 1990, en ha

Par conséquent, le changement net du COS à cause de changements de gestion et d'apport liés aux prairies dont la vocation n'a pas changé peut être estimé au moyen de la méthode de Niveau 1 du GIEC :

Équation A3.5–23

$$\Delta C_{PR-PRMinéral} = [(COS_0 - COS_{0-T}) \times A] / t$$

$\Delta C_{PR-PRMinéral}$	=	changement net du COS dû aux changements de gestion et d'apport liés aux prairies dont la vocation n'a pas changé, en Mg C ha^{-1}année^{-1}
COS_0	=	stock de COS au cours de l'année d'inventaire, en Mg C ha^{-1}
COS_{0-T}	=	stock de COS, T années avant l'année d'inventaire, en Mg C ha^{-1}
A	=	superficie de prairies dont la vocation n'a pas changé touchée par le changement de gestion ou d'apport, en ha
t	=	période d'inventaire, en années (20 années par défaut)

Si aucun changement ne survient dans les pratiques de gestion, il est présumé que les stocks de C sont en équilibre, et que, par conséquent, leur taux de fluctuation est nul.

Plusieurs études se sont penchées sur les effets du broutage par opposition au non-broutage sur le COS. Bien que la productivité des pâturages fortement broutés soit inférieure, ce qui peut se traduire par une dégradation de l'état du parcours, rien n'indique qu'il y a un lien avec les baisses du COS (Biondini et Manske, 1996). L'effet du régime de broutage est complexe, en raison de ses effets sur la phytocénose et des apports de C dans le sol attribuables à la croissance aérienne et souterraine des végétaux (Schuman et al., 2002; Liebig et al., 2005). Une autre influence du régime de broutage est la restitution accrue de C dans les matières fécales à mesure qu'augmente le taux de charge (Baron et al., 2002). Bruce et al. (1999) ont estimé qu'il n'était pas possible d'accroître la quantité de COS découlant d'une amélioration de la gestion du broutage sur les grands parcours faisant l'objet d'une gestion extensive en Amérique du Nord.

L'ajout de fertilisants organiques et d'engrais inorganiques a pour effet d'améliorer la productivité des prairies indigènes (Smoliak, 1965), ce qui incite à penser que ces pratiques pourraient accroître la quantité de COS grâce à des apports de C accrus. Néanmoins, ces pratiques présentent essentiellement un intérêt théorique, car les seules options de gestion pratiques sur le plan économique en ce qui concerne les prairies semi-arides consistent à modifier le régime de broutage, à pratiquer le brûlage et à introduire de nouvelles espèces végétales (Liebig et al., 2005).

Il arrive, à l'occasion, que les prairies aménagées pour le broutage dans l'Ouest du Canada, dans les zones de sol brun et brun foncé de l'Alberta, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique, soient ravagées par des feux ou fassent l'objet de brûlage dirigé, à des fins, par exemple, de gestion des broussailles, de gestion de l'habitat, d'enlèvement de la végétation en dépérissement et d'exercices d'entraînement militaire. Les feux dans les prairies aménagées sont une source nette de CH_4, de CO, de NO_x et de N_2O.

Équation A3.5–24

$$\boldsymbol{ÉMISSION_{BRÛLAGE} = \sum (AIRE_i \times CHARGE\ COMBUSTIBLE_i \times C_{F,i} \times G_{CE}) / 1000}$$

$\boldsymbol{ÉMISSION_{BRÛLAGE}}$	=	émissions de CH_4 ou de N_2O dues au brûlage dirigé ou aux feux naturels dans les prairies agricoles aménagées, kt CH_4 ou N_2O
$\boldsymbol{AIRE_i}$	=	superficie de la prairie agricole aménagée i ayant brûlé, ha
$\boldsymbol{CHARGE\ COMB_i}$	=	charge de combustible moyenne pour la prairie agricole aménagée i ayant brûlé, Mg de matière sèche ha^{-1}
$\boldsymbol{C_{F,i}}$	=	taux de rendement de combustion pour la prairie agricole aménagée i ayant brûlé, fraction, sans unité
$\boldsymbol{G_{CE}}$	=	coefficient d'émission du CH_4 (2,7 g CH_4 kg^{-1} de matière sèche brûlée) ou de N_2O (0,07 g N_2O kg^{-1} de matière sèche brûlée) (GIEC, 2006)
$\boldsymbol{1000}$	=	conversion de Mg en kt

Sources de données

Comme il en a été fait mention à la section A3.5.4.2, la superficie déclarée dans la sous-catégorie des Prairies dont la vocation n'a pas changé a été estimée au moyen d'une combinaison des données du *Recensement de l'agriculture* et de l'OT, tel que décrit à la section A3.5.4.1. Aucune donnée détaillée exhaustive sur les changements de gestion des prairies agricoles dans le temps au Canada n'est disponible, sauf en ce qui concerne les feux de végétation et le brûlage dirigé. Des données sur les activités sur la superficie, la charge de combustible et le rendement de la combustion pour chaque cas de combustion ayant touché les prairies agricoles aménagées, ont été recueillies par le biais de consultations (Bailey et Liang, 2013). Les données sur les activités de 2013 à 2015 ont été mises à jour en 2017 et présumées constantes après la période d'échantillonnage.

A3.5.6. Terres humides

Au Canada, la catégorie Terres humides comprend les superficies saturées en eau sur des terres aménagées et associées à une activité humaine directe, où la conversion ou l'aménagement des terres peut influer sur les émissions ou les absorptions des GES. Les sections suivantes décrivent les méthodes pour estimer les flux nets de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant de l'extraction de tourbe, de CO_2 et de CH_4 provenant des terres inondées et de CO_2 provenant de l'extraction de ressources dans la région des sables bitumineux.

A3.5.6.1. Extraction de la tourbe

Approche générale et méthodes

Au Canada, l'extraction de tourbe est uniquement destinée à la production de produits de tourbe horticole et à des applications connexes et non pour servir de combustible. Depuis les années 1970, la technique d'extraction pneumatique est la principale méthode d'extraction de la tourbe. Cette technique exige un vaste réseau de fossés de drainage pour sécher la tourbe afin de la récolter au moyen d'équipements pneumatiques lourds. Avant l'utilisation de cette technique, des blocs de tourbe étaient coupés manuellement avec des pelles pour les extraire, ce qui donnait lieu à une topographie de hauts terre-pleins et de basses tranchées. Bien que ces méthodes manuelles ne soient plus utilisées, il reste de nombreux sites de récolte par blocs non restaurés dans le paysage.

Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O pour la conversion et la gestion des tourbières aux fins d'extraction de la tourbe ont été estimées au moyen d'une méthode de Niveau 2 du GIEC conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et au Supplément 2013 sur les terres humides du GIEC (GIEC, 2006, 2014). L'approche repose sur des recherches canadiennes et des pratiques de gestion des terres propres à l'activité d'extraction de tourbe au Canada. Les estimations des émissions comprennent les émissions sur place de CO_2, de CH_4 et de N_2O, les émissions hors site de CO_2 de la tourbe extraite et les pertes de carbone organique dissous (COD) du C d'origine hydrique des sites drainés et remouillés.

Des études nationales sur les flux de GES à des sites d'extraction de tourbe au Canada ont été examinées et les mesures ont été compilées pour élaborer des coefficients d'émission et des paramètres spécifiques au pays (Tableau A6.5–8). Comme la plupart des mesures de flux déclarées ont été enregistrées pendant la saison de croissance, des coefficients d'émission annuels de CO_2 ont été élaborés en ajoutant les valeurs mesurées en hiver par Strack et Zuback (2013), les tourbières drainées ayant des émissions de CO_2 plus élevées en hiver que les tourbières naturelles. Des coefficients d'émissions de CH_4 annuels ont été élaborés en supposant que les flux pendant des saisons, autres que la saison de croissance, représentent 15 % des totaux annuels selon les données obtenues des tourbières naturelles (Saarnio et al., 2007).

En raison des techniques d'extraction et des propriétés recherchées de la tourbe de sphaigne, une préférence est accordée aux tourbières ouvertes (ombrotrophes – pauvres en nutriments) qui sont classées comme Autres terres dans le cadre de catégorisation des terres du Canada pour le secteur ATCATF, décrites dans la section 6.2 du Chapitre 6. Par conséquent, environ 5 % seulement de la superficie avant la conversion satisfait à la définition de la catégorie Terres forestières. Les estimations des émissions sont réparties dans les sous-catégories Terres converties pour l'extraction de tourbe et Extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé. Pour le calcul des émissions découlant de la conversion des terres, une période de changement d'affectation des terres d'un an est utilisée pour représenter les pratiques de conversion des terres qui consistent à drainer et à enlever la couche de végétation de surface en vue de l'extraction de la tourbe. Par la suite, les émissions résultant de l'extraction active, ainsi que leur déclassement par la remise en état, le remouillage et la restauration, sont toutes déclarées dans la sous-catégorie de l'Extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé. Les sections suivantes décrivent les sources des émissions et des absorptions de GES se produisant sur les sites d'extraction de la tourbe durant et après l'extraction.

Défrichage de la biomasse, drainage, extraction de la biomasse, extraction active et zones non restaurées

Le drainage, l'enlèvement de la végétation, l'extraction active de la tourbe et les sites désaffectés non restaurés entraînent une perte d'absorption du CO_2, une plus forte décomposition de la tourbe et un accroissement de l'exportation du COD, ce qui entraîne une augmentation des émissions de CO_2. Avant l'extraction, l'enlèvement de la végétation cause une perte de biomasse présumément émise dans l'atmosphère durant l'année de conversion de la terre. Après l'enlèvement de la végétation, les tourbières sont drainées en vue de l'extraction. Les données d'émission pour le Canada sont en ce moment insuffisantes pour étayer des coefficients d'émission distincts pour les zones drainées, mais pas encore exploitées pour l'extraction, de sorte qu'un coefficient d'émission combiné a servi à toutes les zones, du drainage à l'extraction active. Le même coefficient d'émission combiné a servi aux sites non restaurés où la végétation ne se rétablit pas naturellement ou par la restauration ou le remouillage, où des émissions de CO_2 persistantes ont été observées (Waddington et al., 2002).

Dans les champs drainés servant à l'extraction, dont les zones non restaurées, les émissions de CH_4 diminuent de manière importante. Cependant, les fossés de drainage deviennent des points chauds de CH_4 (Waddington et Day, 2007). Dans le but de tenir compte de cette observation, un coefficient d'émission combiné a été calculé à l'aide d'une moyenne pondérée par leur superficie relative; 95 % pour les champs, 5 % pour les fossés. De plus, la décomposition accrue de la tourbe augmente les émissions de N_2O.

Les coefficients d'émission de CO_2 et de CH_4 pour les zones drainées et non restaurées où l'extraction active a lieu proviennent d'études canadiennes (Tableau A6.5–8). En raison du manque de mesures nationales du N_2O, le coefficient d'émission par défaut pour les sites d'extraction de tourbe du Supplément 2013 sur les terres humides du GIEC (GIEC, 2014) a été utilisé.

Empilage et transformation de la tourbe

Une fois la tourbe extraite, elle se décompose lentement avec le temps, si bien que le C stocké est émis. La tourbe récoltée est empilée avant d'être transformée en divers produits de tourbe. Les émissions des tas de tourbe sont calculées suivant une courbe exponentielle de décomposition de six mois (Cleary et al., 2005). Une fois les produits de tourbe emballés, ils sont transportés hors site, en grande partie, vers les États-Unis, aux fins d'utilisations non énergétiques, comme l'horticulture, où il est supposé que la tourbe se décompose dans un milieu aérobie. Le C organique total estimé dans les produits de tourbe est calculé à l'aide d'un paramètre de fraction de C propre au pays (Tableau A6.5–8) établi à la suite d'analyses en laboratoire de produits de tourbe pure avec une teneur en humidité variant de 27 % à 64 % (Hayne et al., 2014). Une fonction de décomposition exponentielle au taux de décomposition annuel de 0,05 an^{-1} (Cleary, 2003; Sharma et al., 2024) est employée pour tenir compte de la décomposition de la tourbe avec le temps et estimer les émissions résiduelles de CO_2 découlant de l'utilisation des produits de tourbe (Mg C ha^{-1}), jusqu'à un maximum de 100 ans (Tableau A6.5–8).

Régénération naturelle, remise en état, remouillage et restauration

La régénération naturelle se produit lorsque des zones non restaurées connaissent une végétalisation naturelle sans intervention. La végétalisation se produit plus souvent dans les sites de coupe en blocs que dans les sites d'extraction par aspiration, bien que la couverture totale de la végétation soit faible et que la régénération de mousse se limite à des dépressions de tranchée plus humides (Poulin et al., 2005). Pour les sites naturellement régénérés de coupe en blocs, un coefficient d'émission de CO_2 a été établi comme étant inférieur à celui des sites drainés pour la récolte par machinerie pneumatique, contrairement au coefficient d'émission de CH_4, plus élevé selon les observations. Ces résultats sont probablement attribuables aux conditions de végétalisation et à la plus grande humidité des sites de coupe en blocs (Tableau A6.5–8).

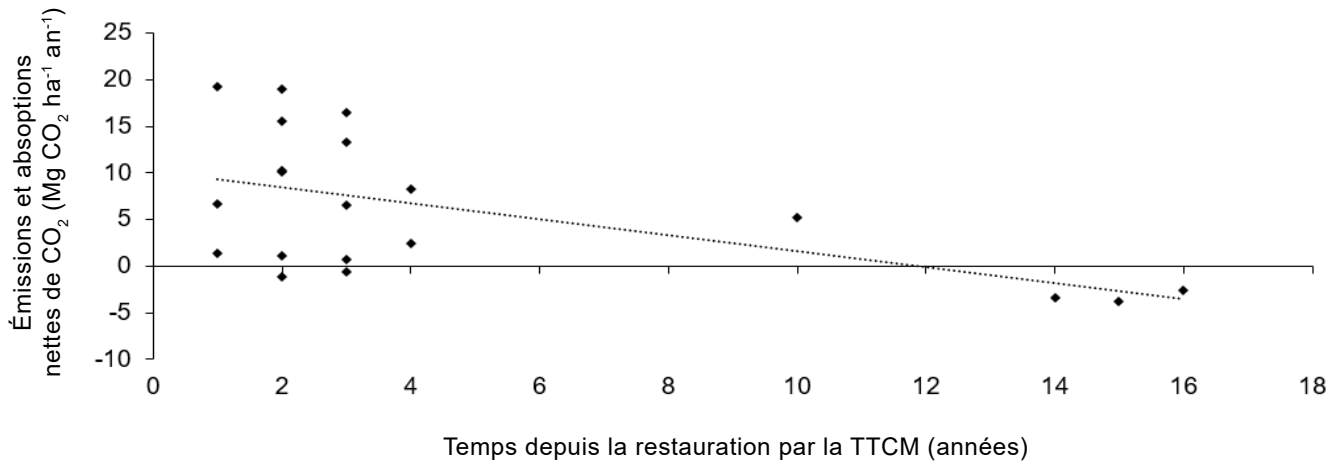
Après la mise hors service d'un site d'extraction de tourbe, trois interventions d'aménagement des terres ont communément lieu afin de remettre la zone en état ou de la restaurer : plantation d'arbres, remouillage actif et restauration par la technique de transfert de couche de mousse. Dans les sites où des arbres ont été plantés, la capture annuelle de CO_2 par ceux-ci est calculée à l'aide d'un méta-modèle du rendement du volume marchand de l'épinette noire selon le temps (Fortin and Lavoie 2022), ensuite converti en croissance de biomasse par des méthodes cohérentes avec le MBC-SFC3 (Boudewyn et al., 2007). Les plantations d'arbres augmentent la séquestration du CO_2 dans la biomasse des arbres, mais elles ne contrebalancent pas les importantes émissions de CO_2 des tourbières drainées (Garcia Bravo, 2015) (Tableau A6.5–8).

Le remouillage augmente les conditions anaérobies, ce qui réduit la décomposition de la tourbe et l'exportation de COD, ainsi que les émissions de CO_2 tout en augmentant les émissions de CH_4 (Strack et Zuback, 2013) (Tableau A6.5–8). Depuis les années 1990, la technique de transfert de couche de mousse a été utilisée au Canada pour la restauration des tourbières dominées par les sphaignes dans le but de remettre en état des sites dans les écosystèmes où s'accumule la tourbe. Cette technique consiste à remouiller les champs et à y épandre des spores de mousse fraîche ainsi qu'une couche de paillis afin de soutenir la régénération de la mousse (Rochefort et al., 2003). Des recherches canadiennes sur les sites restaurés par cette technique ont montré que dans les tourbières dominées par les sphaignes, le CO_2 découlant du rétablissement de la végétation compensera à la longue le CO_2 émis par la tourbe en décomposition (Nugent et al., 2018). Pour les sites restaurés par cette technique, le Canada manque de données propres au pays en appui à une relation linéaire avec les émissions et absorptions nettes de CO_2 dans le temps, mais les données montrent qu'en moyenne, les sites passent d'une source nette à un puits net environ 12 ans après la restauration, selon le point d'intersection de la ligne graphique correspondant aux données nationales existantes (Figure A3.5–18). Par conséquent, deux coefficients d'émission pour les sites restaurés par cette technique ont été calculés en faisant la moyenne des émissions et absorptions nettes de CO_2 avant et après ce seuil de 12 ans (Tableau A6.5–8). Les émissions de CH_4 dans les sites restaurés par transfert de couche de mousse ne variaient pas dans le temps; leur moyenne a été calculée avec des données propres au Canada et pondérée par la superficie relative des émissions venant des champs (95 %) et des fossés (5 %) lorsque c'était approprié à l'étude.

Sources de données

Une approche cartographique d'observations de la Terre fondée sur la délimitation manuelle et l'interprétation des photographies aériennes, de l'imagerie par satellite et de données connexes a été mise au point pour cartographier l'étendue des zones de tourbières perturbées par l'extraction de la tourbe dans les années 1990, 2007, 2013 et 2022. Pour interpréter les images, la superficie perturbée a été répartie en cinq sous-catégories de gestion des terres : zones d'extraction active, zones non restaurées, zones remises en état, zones remouillées et zones restaurées par la technique de transfert de couche de mousse. Les données géospatiales fournies par le Groupe de recherche en écologie des tourbières et les informations fournies par les experts de l'industrie ont été utilisées pour faciliter l'attribution des sous-catégories. En outre, pour un sous-ensemble de sites, la classe de couverture terrestre avant la perturbation (forêt, tourbière arbustive ou ouverte) a été déterminée afin d'identifier les types de catégories de terres converties (Terres forestières ou Autres terres).

Figure A3.5–18 **Données nationales des émissions et absorptions nettes de CO_2 après la restauration par la technique de transfert de couche de mousse**



Des estimations annuelles des superficies ont été établies par interpolation entre les périodes cartographiées et par extrapolation après 2022. Les estimations annuelles des superficies pour l'aménagement des terres de différentes catégories ont été ensuite affinées avec des données de sources secondaires. Les trois principales sources de données secondaires étaient les statistiques de l'industrie sur les zones de tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe en 2015, 2016, 2020 et 2021 compilées par l'Association canadienne de tourbe de sphaigne, une étude des sites d'extraction de tourbe abandonnés dans les provinces du Québec et du Nouveau-Brunswick (Poulin et al., 2005), et une base de données des sites restaurés fournie par le Groupe de recherche en écologie des tourbières de l'Université Laval. Des sources de données secondaires ont servi à établir une référence en vue d'une vérification comparative des superficies totales converties historiquement en sites d'extraction de tourbe et des superficies de production actuelles, de même qu'à compléter l'approche cartographique, dont la capacité de déterminer les sous-catégories d'aménagement des terres est limitée. Tirées de Warner et Buteau (2000), les statistiques sur la production de tourbe avant 1990 ont été interpolées pour les années manquantes. Des statistiques nationales sur la production de tourbe ont été utilisées pour représenter la quantité annuelle de tourbe extraite qui est transportée hors site après 1990 (RNCan, 2025).

Degré d'incertitude

Compte tenu de l'augmentation de la disponibilité et de la qualité des images d'observations de la Terre et des informations complémentaires recueillies au fil du temps, l'incertitude liée à l'estimation globale de la superficie totale convertie pour l'extraction de tourbe a été réduite grâce aux zones cartographiées pour la période de 2013 et 2022. Cependant, il y a beaucoup d'incertitudes associées à la détermination des sous-catégories d'aménagement des terres. L'incertitude liée aux statistiques de l'Association des producteurs de tourbe du Canada découle d'interprétations différentes des définitions des catégories d'aménagement des terres (p. ex. la restauration) et d'une couverture incomplète des terres non aménagées par les membres de l'Association.

Les mesures des GES propres aux pays pour les différentes catégories de sites désaffectés sont limitées. Cependant, la surveillance à long terme des sites de restauration indique que la réussite du remouillage et de la restauration varie en raison de la gestion (par exemple l'efficacité du blocage du réseau de drainage secondaire, le moment des procédures de restauration et la qualité du matériel végétal) ainsi que des conditions météorologiques après la restauration (Gonzáles et Rochefort, 2014). Par conséquent, les coefficients d'émission ne représentent peut-être pas la gamme complète des techniques de réaménagement et de restauration et ne rendent pas compte de tous les résultats obtenus. La forte variation de la teneur en humidité des produits de tourbe pourrait contribuer de façon considérable au degré d'incertitude lié aux estimations des émissions de CO_2 hors site attribuables à la tourbe récoltée.

A3.5.6.2. Terres submergées

Approche générale et méthodes

Les terres submergées comprennent les réservoirs employés pour la production hydroélectrique, la lutte contre les inondations, l'irrigation, l'approvisionnement en eau et les activités récréatives. Depuis 1832, les émissions sont estimées pour tous les réservoirs connus faisant au moins 100 ha et sont déclarées conformément au Supplément 2013 du GIEC sur les Terres humides et à la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2014; 2019) à l'aide d'une méthode de Niveau 2. Les estimations du Canada comprennent tous les principaux incidents d'inondation depuis 1832.

Deux méthodes complémentaires ont servi à estimer les flux de GES des terres submergées, selon les pratiques de conversion des terres. Lorsqu'il y avait des preuves de déboisement ou de brûlage avant la submersion, les émissions immédiates et résiduelles de tous les réservoirs de C ont été estimées en utilisant le MBC-SFC3 (voir la section A3.5.2.1). Il est estimé que la méthode par défaut du GIEC, qui suppose que tout le carbone de la biomasse est émis lors de l'inondation, surestime probablement les émissions immédiates liées à la conversion des forêts lors de la création de réservoirs, puisque la majeure partie de la biomasse forestière submergée se décompose au cours d'une longue période. Les émissions associées au déboisement en vue de l'aménagement d'infrastructures sont déclarées dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en établissements. Quant aux émissions résultant de l'utilisation et de l'élimination des produits ligneux récoltés avant l'inondation , elles sont déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés (voir la section A3.5.3).

En l'absence de preuves de déboisement, il est supposé que la totalité de la végétation est simplement submergée, conduisant à l'émission sous forme de CO_2 et de CH_4 d'une fraction du C submergé. La proportion de la superficie submergée qui était auparavant boisée est utilisée pour attribuer les émissions soit à la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres inondées, soit à la sous-catégorie des Autres terres converties en terres inondées.

En général, les réservoirs mettent environ un an à se remplir après la construction du barrage. Après l'inondation des réservoirs, les émissions de CO_2 sont suivies pendant 100 ans, déclarées dans la sous-catégorie Terres converties en terres humides au cours des 20 premières années, puis dans la catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé pour les 80 années suivantes, après quoi elles sont supposées revenir aux niveaux de référence (GIEC, 2019). Les émissions de CH_4 sont déclarées dans la catégorie Terres converties en terres humides pendant les 20 premières années, puis dans la catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé par la suite, ce qui reflète les émissions continues résultant de la décomposition anaérobique de la matière organique submergée (GIEC, 2019).

Des coefficients d'émission de CO_2 et de CH_4 propres à chaque pays ont été calculés à l'aide du modèle G-Res (Prairie et al., 2017), qui recourt à des algorithmes dérivés d'une méta-analyse étendue sur des mesures mondiales de GES dans les réservoirs tout en permettant l'intégration de caractéristiques propres aux sites (UNESCO/IHA, 2025; Harrison et al., 2021) dans le cadre du calcul. Le modèle prend en compte la zone climatique, l'âge du réservoir, la morphométrie et les apports en carbone organique. Il a été adapté pour le Canada à l'aide d'ensembles de données publiques (par exemple, la base de données GranD) et de connaissances d'experts provenant des services hydroélectriques et des développeurs du modèle G-Res. L'utilisation du cadre de modélisation G-Res pour calculer des courbes d'émission a permis la prise en compte de caractéristiques propres au Canada et des biais régionaux, y compris les régimes climatiques froids, les paysages boréaux et les particularités géologiques (Harrison et al., 2021). À l'aide d'une base de données interne d'ECCC (non publiée) créée pour compiler les données physiques, hydrologiques et environnementales détaillées de plus de 150 réservoirs canadiens, les simulations du modèle G-Res ont permis d'estimer les émissions des réservoirs à travers le Canada en intégrant la température, les précipitations et la productivité du bassin versant, facteurs qui agissent fortement sur les flux par diffusion, ébullition et dégazage (Prairie et al., 2021; Harrison et al., 2021).

Sur la base des simulations effectuées avec le modèle G-Res, des courbes d'émission régionales ont été calculées. La méthodologie emploie des modèles de décomposition dérivés du modèle pour les émissions de CO_2 (voir Équation A3.5–25) et de CH_4 (voir Équation A3.5–26), qui reflètent l'influence de l'âge et de la surface du réservoir sur la dynamique des émissions. Les coefficients de décomposition appliqués dans ces équations (α = 0,33 pour le CO_2 et α = 0,01419 pour le CH_4) ont été tirés du cadre G-Res (Prairie et al., 2021) selon la calibration globale. Ces valeurs représentent les trajectoires d'émission contrastées : le CO_2 baisse rapidement après la construction des réservoirs en raison de l'épuisement du carbone labile et des conditions oxygénées, tandis que le CH_4 diminue plus progressivement à cause de la décomposition anaérobique persistante dans les sédiments. Pour les réservoirs où les données propres au site sur les coefficients d'émission n'existaient pas, des valeurs moyennes ont été calculées à partir de l'UR la plus proche (voir Tableau A6.5–9) afin de garantir que les estimations reflètent les conditions les plus pertinentes d'un point de vue géographique. Les coefficients d'émission du CO_2 ont tendance à être plus élevés que les valeurs par défaut de Niveau 1, tandis que les coefficients d'émission du CH_4 sont plus faibles, ce qui suggère que la méthode par défaut sous-estime probablement les émissions de CO_2 et surestime celles de CH_4 dans les conditions propres au Canada.

Équation A3.5–25

$$\textit{émissions } CO_2 - C = (D \cdot 10^{-\alpha \cdot (t - t_0)}) - B) \cdot A$$

D = constante diffusive propre au réservoir pour le CO_2, g CO_2-C m^{-2} an^{-1}
α = facteur de décomposition pour le CO_2, 0,33 an^{-1} (Prairie et al., 2021)
t = année d'inventaire en cours
t_0 = année de construction du réservoir (inondation)
B = flux de référence, g CO_2-C m^{-2} an^{-1}
A = superficie du réservoir, ha

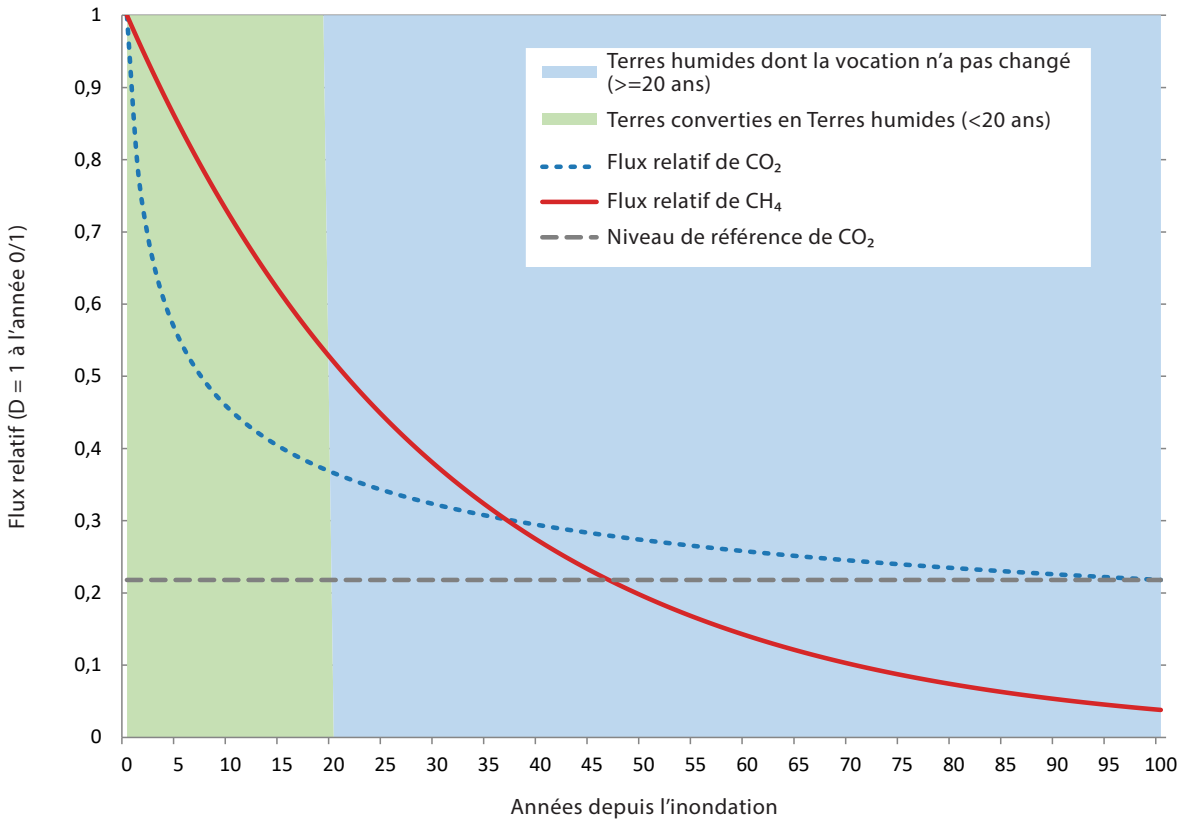
Équation A3.5–26

$$\textit{émissions de } CH_4 = ((D \cdot 10^{-\alpha \cdot (t - t_0)}) + E_b + G_d) \cdot A$$

D = constante diffusive propre au réservoir pour le CH_4, g CH_4 m^{-2} an^{-1}
α = facteur de décomposition du CH_4, 0,01419 an^{-1} (Prairie et al., 2021)
t = année d'inventaire en cours
t_0 = année de construction du réservoir (inondation)
E_b = flux d'ébullition, g CH_4 m^{-2} an^{-1}
G_d = flux de dégazage, g CH_4 m^{-2} an^{-1}
A = superficie du réservoir, ha

La Figure A3.5–19 illustre la décroissance normalisée des flux diffusifs de CO_2 et de CH_4 après la construction d'un réservoir. La courbe du CO_2 montre une diminution rapide vers un niveau de référence asymptotique, tandis que le CH_4 diminue progressivement, ce qui reflète sa constante de décomposition plus faible. Afin de présenter les émissions anthropiques nettes, le Canada a appliqué la méthodologie G-Res en ajustant la référence pour les flux de CO_2 antérieurs à la construction des réservoirs. Conforme à la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019), cette méthode soustrait les émissions naturelles ambiantes provenant des rivières, des terres humides et d'autres systèmes aquatiques afin que les processus naturels aux écosystèmes ne soient pas attribués à l'activité humaine. La prise en compte de ces flux de référence permet de ne pas surestimer les émissions associées aux réservoirs (Soued et al., 2022; Prairie et al., 2021; Harrison et al., 2021).

Figure A3.5–19 **Exemple normalisé de décroissance du flux diffusif après la construction d'un réservoir**



Note : Les valeurs de flux sont normalisées par rapport au flux initial après inondation (fixé à 1), donc l'axe des ordonnées n'a pas d'unité. Par exemple, 0,5 = 50 % du flux initial

Les superficies des réservoirs servent à estimer les superficies converties en terres inondées aménagées, car elles en constituent la meilleure estimation existante. Elles ont été cartographiées à l'aide d'images provenant du satellite Sentinel pour évaluer la variabilité spatiale des réservoirs canadiens sur une période de 10 ans. Grâce à l'analyse de cette période, il a été possible de calculer les superficies minimales et maximales des réservoirs, donc de tenir compte des fluctuations saisonnières et des étendues d'eau permanentes. Ces mesures représentent plus précisément la dynamique des réservoirs, qui s'avère essentielle pour affiner la modélisation des émissions de GES et les paramètres d'entrée dans les plateformes comme G-Res.

Sources de données

Les estimations de superficie des réservoirs canadiens ont été établies selon plusieurs sources de données principales. Celles-ci comprenaient les données sur la conversion des forêts attribuable à la construction des réservoirs dans les zones de déclaration 4 (Bouclier de la taïga est) et 5 (Bouclier boréal est) (voir la section A3.5.2.7, Conversion des forêts), le Répertoire des réservoirs canadiens (Duchemin, 2002) et les données officielles de l'industrie, obtenues grâce à la correspondance (Eichel, 2006)[10]. La base de données des réservoirs canadiens, qui contient des renseignements sur les réservoirs hydroélectriques, a été actualisée et comparée aux données de services publics et privés provinciaux à des fins de confirmation de la date de construction et de leurs caractéristiques.

La base de données GranD V1.3 a fourni des données sur les réservoirs cohérentes à l'échelle mondiale, données utilisées comme intrants par défaut dans le modèle G-Res, dont des attributs géospatiaux et hydrologiques. De plus, un ensemble de données géospatiales a été créé à l'aide d'images provenant du satellite Sentinel avec le soutien d'ECCC et de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Cet ensemble de données comprend des estimations des superficies minimales et maximales des principaux réservoirs, qui prennent en compte la variabilité saisonnière et à long terme afin de rendre la modélisation des émissions de GES plus précises.

10 Tremblay, A. Hydro-Québec. 2010. Communication personnelle à Dominique Blain, Environnement et Changement climatique Canada, 19 novembre 2010.

Degré d'incertitude

L'incertitude liée aux émissions de CO_2 et de CH_4 des réservoirs a été estimée par la consolidation de la variabilité des coefficients d'émission et des superficies de réservoirs à l'aide d'une méthode standard de propagation des erreurs. Pour les réservoirs dont les coefficients d'émission ont été mesurés, l'erreur type issue des observations a été appliquée, tandis que pour les réservoirs sans mesures, des moyennes régionales ou des valeurs de substitution provenant d'unités de réconciliation proches ont été employées, substitution qui introduit une autre incertitude. L'incertitude liée à la superficie des réservoirs a été calculée à partir des superficies saisonnières minimales et maximales dans l'ensemble de données géospatiales internes d'ECCC (non publiées) et convertie en écart type en supposant un intervalle de confiance de 95 %. L'incertitude liée aux émissions a d'abord été calculée au niveau des réservoirs, puis agrégée aux totaux nationaux par la méthode de la racine de la somme des carrés. Les résultats finaux sont exprimés sous forme d'intervalles de confiance de 95 %.

Les principales sources d'incertitude qui ne sont pas entièrement prises en compte dans les estimations quantifiées comprennent celles-ci :

- **échelle mondiale du G-Res** : les estimations des émissions reposent sur des relations empiriques calculées à l'échelle mondiale, qui introduisent une incertitude lorsque les mesures directes de diffusion, d'émission par bulles et de dégazage sont limitées au Canada;
- **variabilité saisonnière** : certains réservoirs présentent une variabilité saisonnière marquée des flux de CO_2, qui n'est pas prise en compte dans le calcul des estimations; par exemple, selon certaines preuves anecdotiques, la prolifération d'algues au printemps pourrait expliquer cette variabilité, en particulier dans les réservoirs qui reçoivent des éléments nutritifs d'origine humaine;
- **apports en carbone organique** : la variabilité de la productivité des bassins versants et de l'affectation des terres influe sur la quantité et la composition du carbone organique entrant dans les réservoirs, ce qui agit sur la décomposition et la production de CH_4.

A3.5.6.3. Extraction de ressources

Approche générale et méthodes

Les tourbières, écosystème dominant dans le nord de l'Alberta (Gouvernement de l'Alberta, 2025), sont régulièrement perturbées par les activités pétrolières et gazières (Rooney et al., 2012; Volik et al., 2020). Les Lignes directrices du GIEC de 2006 (GIEC, 2006), le Supplément sur les terres humides de 2013 (GIEC, 2014) et la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) ne fournissent pas de coefficients d'émission par défaut pour les perturbations des tourbières liées aux activités minières, notamment le déplacement et le stockage des sols tourbeux, les pratiques telles que l'enfouissement de la tourbe sous des remblais et les perturbations de faible intensité, comme le compactage résultant du passage de machinerie lourde. Pour remédier à ce manque, le Canada a compilé des informations scientifiques nationales pour calculer des coefficients d'émission et ainsi estimer les émissions et les absorptions liées à ces perturbations. Cette réalisation constitue la première étape d'un plan d'amélioration en plusieurs phases (Tableau 8–5) visant à estimer les émissions et absorptions de GES provenant des perturbations des tourbières et des tourbières forestières associées aux principales activités d'extraction de ressources à travers le Canada, en commençant par la région des sables bitumineux dans le nord de l'Alberta, car il existe des données de haute qualité pour cette région. Il convient de noter que les activités d'extraction de la tourbe à des fins horticoles sont traitées séparément dans la section A3.5.6.1.

Les activités d'extraction pétrolière et gazière qui perturbent les tourbières dans la région des sables bitumineux peuvent se classer en trois catégories : l'exploration, l'extraction et le transport. L'exploration consiste principalement à défricher la biomasse aérienne et à réaliser des levés à l'aide de machinerie lourde (par exemple, la création de lignes sismiques). Ces activités entraînent des répercussions durables sur les tourbières en compactant la tourbe (Lovitt et al., 2018) et en modifiant les communautés végétales (Dabros et al., 2021), notamment en freinant la réinstallation des arbres dans les tourbières boisées (Sutheimer et al., 2024). L'extraction dans la région s'effectue soit par exploitation minière à ciel ouvert, soit par des méthodes in situ. L'exploitation à ciel ouvert, qui comprend l'extraction directe du pétrole et la construction de bassins de résidus, provoque généralement les perturbations les plus importantes, car les tourbières sont alors déboisées, drainées et excavées. À l'inverse, l'exploitation in situ est généralement moins perturbatrice, puisque la tourbe est conservée sur place; après le défrichement de la biomasse aérienne, une couche de remblai minéral est déposée sur la tourbe afin de créer une plateforme stable au-dessus du site d'extraction. Les activités liées au transport engendrent des perturbations linéaires, comme les routes et les pipelines. La construction de pipelines implique le défrichement de la végétation le long d'une emprise et l'excavation d'une tranchée pour installer les conduites. Les techniques de préparation des sites varient au fil du temps et selon les promoteurs. Néanmoins, les directives réglementaires actuelles visent à uniformiser les procédures et à réduire l'incidence environnementale (Alberta Energy Regulator, 2025).

Les émissions et les absorptions estimées à l'aide de cette méthodologie sont rapportées sous plusieurs catégories d'affectation des terres. Les activités qui ne défrichent que la biomasse aérienne et permettent la régénération, comme les lignes sismiques, les puits d'exploration ou les emprises, sont déclarées dans la sous-catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé pendant 100 ans après la perturbation. La raison : prendre en compte l'incidence à long terme sur

la dynamique du carbone des tourbières (Dabros et al., 2022; Davies et al., 2025). Les conversions complètes d'affectation des terres, y compris l'exploitation minière à ciel ouvert, les plateformes de puits et les routes, sont rapportées dans la sous-catégorie Terres humides converties en établissements, les émissions ou absorptions causées par la conversion étant suivies pendant 20 ans (GIEC, 2006) et toute émission résiduelle étant rapportée sous Établissements dont la vocation n'a pas changé pendant 80 années supplémentaires. Seuls les écosystèmes qui correspondent à la définition de la catégorie Terres humides sont inclus dans cette méthodologie. Les tourbières forestières répondant à la définition de la catégorie Terres forestières sont considérées comme des hautes terres et sont déclarées comme conversion forestière (voir la section A3.5.2.7).

Cette méthodologie prend en compte les émissions immédiates provenant des activités nécessitant la combustion in situ des résidus, rapportées sous forme de CO_2, de CH_4, de CO et de N_2O. Le bilan net des émissions résiduelles issues de la décomposition de la matière organique et des absorptions résultant de la régénération de la végétation est suivi comme un échange net de CO_2 à l'échelle de l'écosystème.

Les coefficients d'émission propres au pays de cette méthodologie ont été calculés à l'aide d'un cadre de modélisation appelé Modèle canadien en matière de tourbières (MCaT) (CaMP; Bona et al., 2020; 2024). Le MCaT est un module intégré au Modèle générique du bilan du carbone (MGBC), un modèle spatialement explicite basé sur le MBC-SFC3. Il suit la dynamique du carbone sur une base annuelle, à travers la croissance annuelle de la végétation, le renouvellement, l'apport de litière, l'accumulation et la décomposition de la tourbe en reliant les fluctuations de la nappe phréatique aux processus de décomposition oxydative ou anoxique dans les réservoirs de tourbe (Bona et al., 2020), de sorte que les réservoirs de carbone des écosystèmes peuvent être retracés jusqu'aux catégories de déclaration du GIEC. Pour cette analyse, le MCaT a été paramétré séparément pour les tourbières ouvertes, les tourbières boisées, les fens ouverts et les fens boisés. La croissance des couches végétales a été paramétrée à l'aide des taux de biomasse et de productivité issus d'une base de données sur les paramètres des tourbières (Bona et al., 2018); des courbes de rendement ont été calculées pour simuler la croissance des petits arbres (Bona et al., 2020). Une procédure de pré-simulation du modèle (Bona et al., 2020) a été employée pour remplir les réservoirs de matière organique de base, à l'exception des réservoirs de tourbe. Pour la tourbe, plus de 18 000 profils de sol observés propres à la région des sables bitumineux ont servi à calculer les valeurs moyennes initiales de carbone de la tourbe selon le type de tourbière (Bauer et al., 2024; ECCC, base de données sur les sols de l'Alberta non publiée). De plus, des paramètres climatiques propres à la région des sables bitumineux, dont la température annuelle moyenne (McKenney et al., 2011) et l'indice de sécheresse (Vitolo et al., 2019), ont servi dans les simulations du MCaT.

À l'instar du modèle MBC, le MCaT se sert de matrices de perturbation pour quantifier les transferts de carbone entre les réservoirs ou vers l'atmosphère à la suite de perturbations. Ces matrices ont été calculées à partir de consultations auprès d'intervenants du secteur des sables bitumineux visant à mieux comprendre le devenir du carbone dans la biomasse, la MOM et les réservoirs de tourbe, ainsi que l'incidence sur la nappe phréatique des activités liées à l'extraction, à l'exploration et aux infrastructures de transport du pétrole et du gaz (CPP, 2014; Lapointe-E. et Suthar, 2021). Pour générer des coefficients d'émission, les perturbations liées aux sables bitumineux dans la région des sables bitumineux ont été regroupées en quatre grandes catégories : (1) le défrichement de la végétation à forte intensité, (2) le défrichement de la végétation à faible intensité, (3) le recouvrement de la tourbe (remblai minéral) et (4) le drainage et l'excavation de la tourbe. Pour chaque type de perturbation, le devenir des résidus du défrichement de la biomasse variait selon l'entreprise et le gestionnaire du territoire. En conséquence, les quatre types de perturbation ont été subdivisés en trois catégories de traitement des résidus : (a) broyés et étalés, (b) laissés en place ou (c) empilés et brûlés, ce qui donne un total de 12 combinaisons distinctes.

Pour générer les émissions et les absorptions immédiates et résiduelles de chaque type de perturbation causées par le développement pétrolier et au gazier, les 12 matrices de perturbation ont été appliquées aux quatre types de tourbières (tourbière ouverte, tourbière boisée, fen riche ouvert et fen riche boisé) au moyen du MCaT. Trois scénarios de récupération de la végétation ont été simulés selon le type de perturbation : (1) absence de récupération végétale après les perturbations de recouvrement et d'excavation, (2) récupération sans arbres et (3) récupération avec arbres après les défrichements de végétation à forte ou faible intensité (par exemple les lignes sismiques), ce qui représente respectivement la transition d'une tourbière boisée vers une tourbière ouverte et la régénération avec arbres pour les tourbières boisées. Ces simulations ont permis d'obtenir les émissions et absorptions pour toutes les combinaisons de type de perturbation, de traitement des résidus, de type de tourbière et de scénario de régénération.

Des modèles mathématiques ont été ajustés à chaque résultat du MCaT pour générer des coefficients d'émission immédiats (CO_2, CO, CH_4, N_2O) et des trajectoires non linéaires des émissions et absorptions résiduelles de CO_2. Les coefficients d'émission immédiats, appliqués uniquement lors de la première année, représentent des scénarios où la biomasse ligneuse a été empilée et brûlée lors du défrichement de la végétation. Faute de données propres aux types de tourbières, les émissions immédiates causées par la combustion de petits arbres et d'arbustes ont été moyennées sur les tourbières et les fens, ce qui donne les coefficients d'émission suivants : 30,5 t CO_2 ha^{-1}, 2,4 t CO ha^{-1}, 0,0052 t CH_4 ha^{-1} et $1,95 \times 10^{-5}$ t N_2O ha^{-1}. Les émissions et absorptions résiduelles à long terme de CO_2 ont été ajustées à un modèle non linéaire afin de représenter la décroissance exponentielle due à la respiration hétérotrophe et, le cas échéant, la séquestration de carbone par la régénération de la végétation (Équation A3.5–27).

Équation A3.5–27

$$E_{i,j,k,l} = \sum_{t=1}^{t=n} (a_{i,j,k,l} e^{-b_{i,j,k,l} t} + c_{i,j,k,l} t + d_{i,j,k,l})$$

$E_{i,j,k,l}$ = émissions/nettes absorptions liées à une perturbation de la tourbière propre à i, j, k, l, t CO_2 ha^{-1}

a, b, c, d = paramètres, dont la trajectoire linéaire de « rétablissement » propre à i, j, k, l, sans dimension (voir le Tableau A6.5–10)

t = temps écoulé depuis la perturbation, en années

i = type de tourbière : tourbière ouverte, tourbière boisée, fen ouvert ou fen boisé

j = type de perturbation : défrichement de végétation à faible intensité, défrichement de végétation à forte intensité, recouvrement de la tourbe ou drainage et excavation de la tourbe

k = traitement de la biomasse : broyée et étalée, laissée sur place, ou empilée et brûlée

l = option de rétablissement de la végétation : absente, sans arbres, ou avec arbres

Sources de données

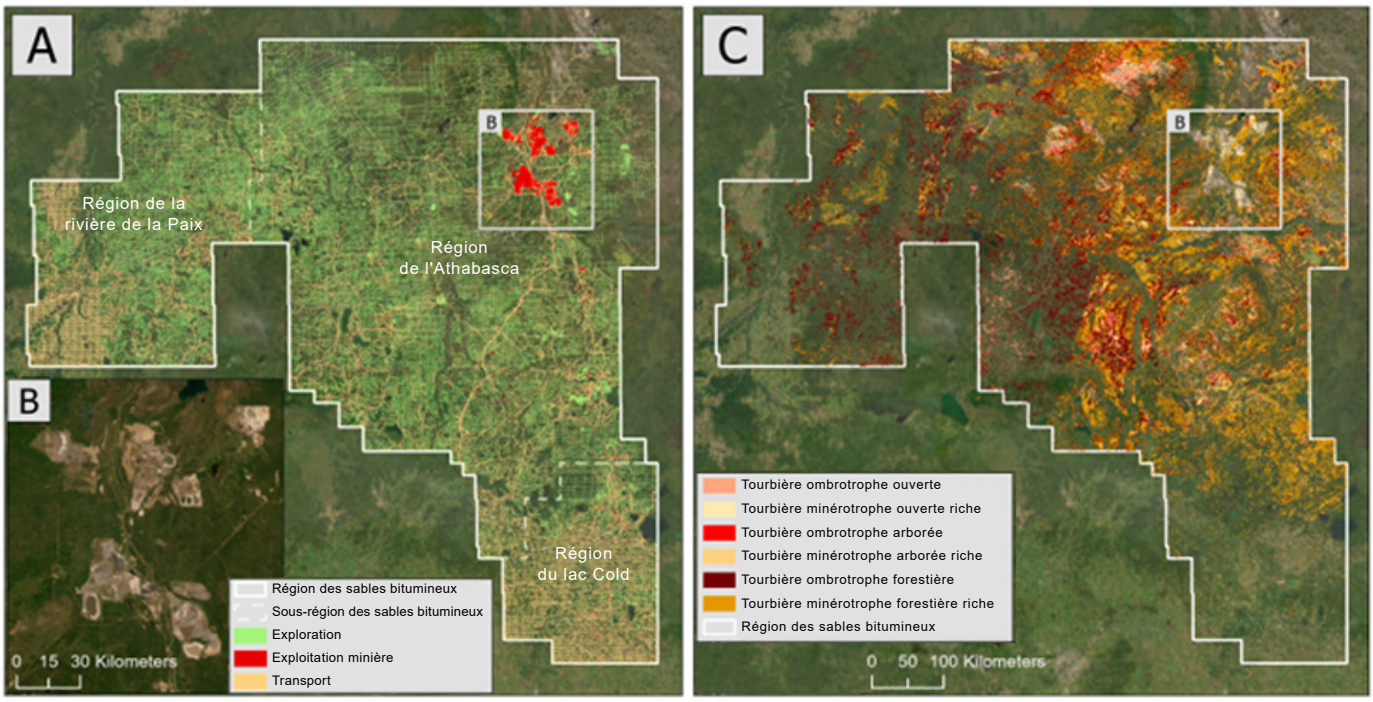
La majorité de l'extraction des sables bitumineux se déroule dans la partie albertaine de la zone de déclaration 10 (Plaines boréales). Les séries chronologiques des perturbations des tourbières ont été principalement dérivées du Enhanced Human Footprint Inventory (HFI; version 2022) élaboré par l'Institut de surveillance de la biodiversité en Alberta (ABMI, 2025). Cet ensemble de données couvre entièrement la région des sables bitumineux, un suivi annuel complet y étant effectué depuis environ 1900 jusqu'en 2022. Les limites polygonales de chaque élément cartographié ont été délimitées et attribuées à haute résolution spatiale à l'aide des ensembles de données SIG existants, affinées grâce à l'imagerie satellitaire haute résolution et aux connaissances des experts de la région. L'ensemble de données du HFI (Figure A3.5–20) a été filtré pour inclure uniquement les éléments associés à l'extraction pétrolière et gazière, qui ont ensuite été regroupés dans les classes de perturbation suivantes : routes, défrichement inconnu, infrastructures, pipelines, lignes sismiques classiques, lignes sismiques à faible intensité, exploitation minière à ciel ouvert, et bassins de résidus.

Les types de tourbières issus de l'Inventaire combiné des terres humides de l'Alberta (Alberta Merged Wetland Inventory, AMWI), un ensemble de données validé sur le terrain qui couvre la période depuis environ l'an 2000, ont été employés pour représenter les conditions des tourbières antérieures à la perturbation à la suite de consultations avec des scientifiques provinciaux (Gouvernement de l'Alberta, 2025). La carte du couvert forestier provenant de l'Inventaire forestier national canadien spatialisé (SCANFI) (Guindon et al., 2024) classe les zones comme ouvertes, boisées ou forestières, ce qui donne des informations détaillées sur le couvert forestier pour chaque type de tourbière (Figure A3.5–20). Les intersections spatiales entre les perturbations du HFI, les types de tourbières de l'AMWI et les classes de couvert du SCANFI ont servi à produire des estimations annuelles des superficies de changements d'affectation des terres, ventilées par type de perturbation, type de tourbière et classe de couvert.

Étant donné que la carte des terres humides a été créée après le début des activités minières dans la région des sables bitumineux, la couverture terrestre avant les perturbations de certains sites était inconnue. Pour en tenir compte, les perturbations antérieures des tourbières ont été ajustées à l'aide des proportions de perturbation des tourbières après l'an 2000 par classe, par type de tourbière et par sous-région de la région des sables bitumineux (Cold Lake, Peace River, Athabasca). Le but était de raffiner les estimations des perturbations des tourbières avant 2000. Cette étape corrige les sous-estimations résultant de la carte, qui est basée sur les conditions de l'an 2000. De même, un ajustement forestier préalable à 2020 a été appliqué pour estimer les proportions antérieures des zones ouvertes, boisées et forestières par sous-région selon la répartition du couvert forestier par type de tourbière dans les zones non perturbées. De plus, cet ajustement a permis de répartir en conséquence les superpositions de perturbations antérieures.

D'autres attributs spatiaux comprenaient le statut des puits (production ou exploration) et les sous-régions de la région des sables bitumineux à des fins d'analyse propre à chaque région. En outre, les polygones des pipelines du HFI, qui englobent les zones dégagées autour, ont été divisés en segments de tranchée excavée et de corridor dégagé selon des répartitions proportionnelles basées sur les pratiques d'installation des pipelines en Alberta. Les valeurs finales ajustées ont servi de données sur les activités permettant de calculer les émissions.

Figure A3.5–20 **Perturbations associées aux activités d'exploitation pétrolière et gazière dans les terres humides de l'Alberta**



Note : (A) Sous-régions des sables bitumineux, perturbations minières cartographiées à partir du HFI (ABMI, 2025); (B) gros plan sur l'exploitation minière de surface dans la sous-région des sables bitumineux d'Athabasca; (C) types de tourbières issus de l'AMWI (Gouvernement de l'Alberta, 2025), classes de couvert forestier issues du SCANFI (Guindon et al., 2024), montrées sur des images satellite.

Degré d'incertitude

Une analyse Monte Carlo de l'incertitude a été réalisée sur le sous-ensemble des paramètres du modèle auxquels la méthodologie était la plus sensible dans le but de quantifier le degré et la distribution de l'incertitude des émissions et des absorptions. Tout d'abord, une série de modèles de coefficients d'émission a été générée en variant les simulations du modèle CaMP en prenant les valeurs initiales des réservoirs de carbone des tourbières ayant un intervalle de confiance de 90 % et en variant les taux de décomposition de MOM de chaque réservoir dans des plages réalistes basées sur la littérature. De plus, deux produits cartographiques supplémentaires à l'échelle nationale (Webster et al., 2018; Pontone et al., 2024) ont servi à estimer l'incertitude sur l'étendue spatiale de chaque type de terre humide chevauchant chaque type de perturbation. Une méthode Monte Carlo a ensuite été appliquée pour attribuer aléatoirement des combinaisons de coefficients d'émission et de données sur les activités pour chaque type de perturbation, à l'aide d'une analyse bootstrap produisant 1000 itérations d'émissions et d'absorptions potentielles. Cette procédure a permis d'obtenir une distribution de l'incertitude pour chaque catégorie et les estimations de GES associées.

A3.5.7. Établissements

Cette catégorie comprend les estimations des absorptions de CO_2 par les Établissements dont la vocation n'a pas changé (puits de C des arbres urbains) et les émissions découlant des Terres converties en établissements (conversion de terres forestières, de prairies non aménagées et de terres humides). Les sections suivantes comprennent la description des démarches élaborées pour estimer la séquestration nette du C par les arbres en milieu urbain et les émissions résultant de la conversion de terres non forestières (toundra ou prairies non aménagées) en établissements dans les régions arctique et subarctique du Canada et la conversion des terres cultivées et celle des terres humides (tourbières) en établissements. Les démarches, les méthodes et la provenance des données utilisées pour estimer les émissions résultant de la conversion des Terres forestières en établissements sont abordées aux sections A3.5.2.1 et A3.5.2.7.

A3.5.7.1. Établissements dont la vocation n'a pas changé

Approche générale et méthodes

Au Canada, l'aménagement et la surveillance des arbres urbains sont effectués à l'échelle de chaque municipalité, et il n'y a pas d'autorité ni d'organisation centralisée chargée de compiler les données sur les arbres urbains à l'échelle nationale. Compte tenu du manque d'information précise sur les classes d'essences et des ressources considérables nécessaires à l'élaboration d'une telle base d'information, une méthode fondée sur la superficie du couvert arboré urbain a été élaborée pour estimer la séquestration du CO_2 par les arbres urbains au Canada. La méthode implique l'échantillonnage de photos aériennes numériques et d'images satellites à haute résolution pour estimer la proportion du couvert arboré urbain dans les principales régions urbaines au Canada. La croissance des arbres urbains au Canada a été estimée à l'aide d'une méthode de Niveau 2A du GIEC (GIEC, 2006) :

Équation A3.5–28

$$\Delta C_G = \sum ST \times CVT$$

ΔC_G = accumulation annuelle de C attribuée à l'augmentation de la biomasse des arbres urbains dans les Établissements dont la vocation n'a pas changé, tonnes C an^{-1}

ST = superficie totale du couvert arboré urbain, ha

CVT = taux de croissance basé sur la superficie de couvert forestier urbain (CVT), tonnes C (ha de couvert arboré)$^{-1}$ an^{-1}

La superficie urbaine totale au Canada en 2012 a été estimée au moyen des limites de la couche numérique des limites[11] des lieux habités de 2011 de Statistique Canada, étant donné qu'il s'agit de la délimitation la plus uniforme disponible à l'échelle nationale des régions urbaines. Les limites urbaines de 1990 sont basées sur la couche de polygones de Statistique Canada de 1990, qui était alors modifiée manuellement selon des interprétations visuelles des photos aériennes et de l'ensemble de données d'images orthorectifiées de la couverture des terres GeoCover de 1990 (MDA-Federal, 2004) afin de réduire les erreurs de délimitation connues (Statistique Canada, 2010). La couche des zones urbaines en 1990 ainsi obtenue représentait une superficie totale (1,5 Mha) inférieure à la superficie urbaine totale déterminée en 2012. Parmi les 947 agglomérations (2,4 Mha) au Canada, 69 agglomérations (1,5 Mha) de plus de 30 000 habitants ont été extraites de l'ensemble de données de Statistique Canada. Ce sous-ensemble englobait toutes les grandes villes canadiennes et représentait respectivement 62 % et 67 % de la superficie urbaine totale en 1990 et en 2012. De plus, ce sous-ensemble comprend des centres urbains qui représentaient environ 79 % et 76 % de la population canadienne en 1990 et 2012, respectivement (Statistique Canada, 2011; McGovern et Pasher, 2016). Bien que les agglomérations sélectionnées ne représentent pas complètement tous les lieux habités au Canada, bon nombre de petites collectivités laissées de côté font partie d'une matrice globale de terres forestières ou agricoles qui peuvent être prises en compte dans d'autres catégories de terres.

Les 69 agglomérations ont été affectées spatialement à 18 des 60 UR (voir la section A3.5.1). Ces 18 UR englobaient 97 % et 99 % de la superficie et de la population totales, respectivement, de l'ensemble des 947 agglomérations. La proportion estimée du couvert arboré urbain de chaque UR a été déterminée au moyen d'une méthode d'échantillonnage ponctuel (Pasher et al., 2014). Une méthode fondée sur les mailles de la grille a été appliquée pour assurer une distribution spatiale adéquate des mailles d'échantillonnage (Figure A3.5–21). Des points aléatoires, dont la densité était de 55 points/km^2 sur les photos aériennes numériques ou les images satellites à haute résolution, ont été interprétés manuellement et classés dans des catégories générales de couvert arboré et de couvert non arboré.

Les mêmes emplacements des points d'échantillonnage ont été utilisés pour les évaluations du couvert arboré urbain de 1990 et de 2012, bien que les mailles et les points d'échantillonnage se trouvant à l'extérieur des limites urbaines de 1990 n'ont pas été inclus afin de s'assurer que l'échantillonnage était restreint de façon à représenter les zones urbaines pour cette période. Un processus de contrôle de la qualité a été mis en œuvre qui impliquait des vérifications aléatoires par d'autres interprètes ou une réinterprétation. Le pourcentage de couvert arboré urbain pour chaque UR a été calculé comme la proportion de tous les points correspondant à un couvert arborescent par rapport au nombre total de points évalués à l'intérieur de l'UR. L'estimation du couvert arboré urbain à l'échelle nationale s'élevait à 29 % en 1990 et à 27 % en 2012.

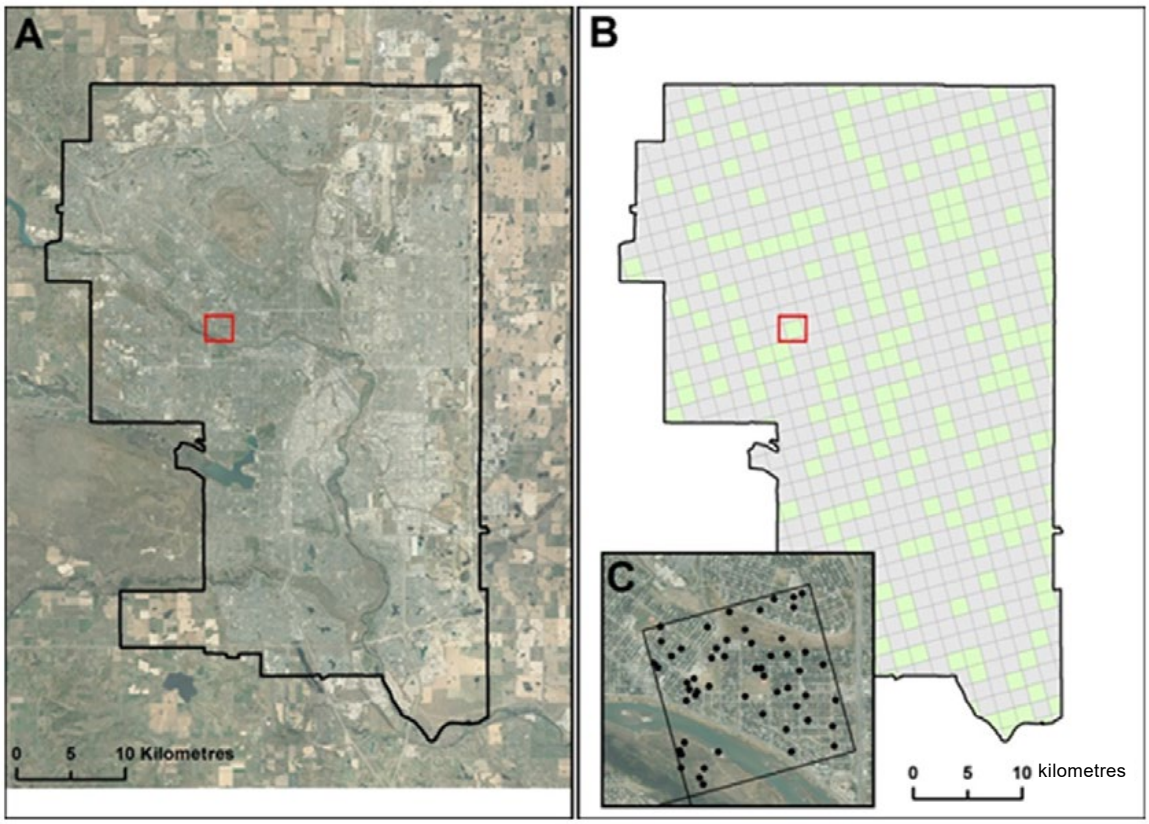
La superficie totale du couvert arboré urbain pour chaque UR a été estimée en multipliant le pourcentage du couvert arboré urbain par les estimations de la superficie urbaine totale pour l'UR connexe en 1990 et en 2012. Bien que la superficie urbaine ait augmenté de 6 % entre 1990 et 2012, l'estimation nationale du couvert arboré a peu changé, les tendances présentant une certaine variation à l'échelle régionale. Les gains de la superficie du couvert arboré (p. ex. la croissance et la plantation d'arbres) et les pertes (p. ex. l'enlèvement et la mortalité d'arbres et le changement d'affectation des terres urbaines) s'équilibraient de façon générale.

11 Statistique Canada. Données spatiales et information sur les lieux habités disponibles à l'adresse : http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/geo/bound-limit/bound-limit-2011-fra.cfm.

Les valeurs du taux de croissance basé sur la superficie du couvert forestier urbain (CVT) pour les 18 UR (voir le Tableau A6.5–11) sont tirées d'évaluations menées dans 16 villes canadiennes à l'aide de la même méthode qu'ont utilisée les États-Unis pour élaborer les valeurs du CVT. Pour les UR dont les villes n'ont pas été évaluées selon cette approche, des valeurs de villes de remplacement se trouvant dans des UR canadiennes similaires sur le plan écologique ont été utilisées, sauf pour l'UR 41 Maritime du Pacifique, pour laquelle l'évaluation réalisée à Seattle, aux États-Unis (Steenberg et al., 2023) a été utilisée. Afin de déterminer les taux de séquestration brute, ces évaluations tiennent compte des espèces d'arbres, de leur âge et des conditions environnementales de chaque UR. Il a été estimé que la séquestration nette du C représentait 74 % de la séquestration brute, prenant en compte les caractéristiques de croissance des arbres urbains et la mortalité et la décomposition des arbres (Nowak et al., 2013). Ces taux de croissance et de séquestration sont appliqués aux 18 UR et, par conséquent, les estimations de la superficie du couvert arboré urbain sont le principal déterminant des estimations des absorptions globales. Une série chronologique cohérente a été élaborée pour la période depuis 1990 jusqu'à l'année d'inventaire en cours en utilisant la méthode d'interpolation et d'extrapolation.

Une analyse des arbres urbains (Arbres Canada, 2019) laisse supposer qu'environ 13 % de la biomasse issue des arbres morts dans les centres urbains est utilisée pour le bois de chauffage. Par conséquent, le volume de bois de chauffage récolté à partir des arbres urbains a été estimé en multipliant les stocks de C pour les centres de population individuels par un taux de mortalité estimé de 2,4 % des arbres urbains (Arbres Canada, 2018) et il est présumé que 13 % de C attribuables aux arbres morts sont utilisés comme bois de chauffage (Arbres Canada, 2019). Le bois de chauffage a été regroupé par UR et présumé approvisionner une portion de la demande de bois de chauffage estimée à partir des enquêtes sur la consommation décrites à la section A3.5.3. Le transfert de carbone vers le bois de chauffage est toujours déclaré dans la catégorie des Établissements et est attribué à la différence entre les taux de séquestration annuelle bruts et nets estimés selon le modèle de i-tree.

Figure A3.5–21 **Grilles d'échantillonnage et points d'échantillonnage ponctuel superposés à des photos aériennes géoréférencées**



Note : Image de fond : A) délimitation de la zone urbaine de Calgary (Alberta); B) mailles de 1 km × 1 km représentant un taux d'échantillonnage de 25 % – les mailles choisies au hasard sont en vert; C) vue rapprochée d'une maille (20 points d'échantillonnage par km^2). Orthophoto gracieusement fournie par la Ville de Calgary.

Degré d'incertitude

Les incertitudes liées aux estimations de la superficie des zones urbaines, du couvert arboré urbain et du taux de séquestration du C contribuent au degré d'incertitude global des estimations et des absorptions de CO_2 par les arbres urbains. Le résultat de ces incertitudes combinées au moyen d'une analyse de Monte-Carlo de Niveau 2, associée à chacune des UR à l'aide des données sur les arbres urbains recueillies sur le terrain au Canada et à Seattle, fournit une incertitude totale de 38 % pour 1990 et pour 2012. L'estimation de l'incertitude ne comprend pas l'erreur d'estimation découlant de l'utilisation des équations ou des facteurs de conversion liés à la biomasse, ni l'erreur de mesure (Nowak et al., 2013).

Les incertitudes liées à la superficie des zones urbaines en 1990 et en 2012 n'ont pas été quantifiées par Statistique Canada. Une estimation d'erreur de 10 % a été utilisée pour la superficie des zones urbaines en 2012, conformément à la méthode utilisée dans le rapport d'inventaire national des GES des États-Unis de 2012 (U.S. EPA, 2013). Il a été supposé, compte tenu de l'avis d'experts, que l'erreur liée à l'estimation de la superficie des zones urbaines en 1990 était, à 15 %, légèrement plus élevée qu'en 2012. Cette méthode est semblable à l'estimation du degré d'incertitude pour la délimitation (15 %) utilisée pour le calcul des estimations de la conversion des forêts (Leckie, 2011).

Le degré d'incertitude lié aux estimations du couvert arboré urbain était fondé sur l'écart type de la méthode d'échantillonnage calculé pour chaque période d'échantillonnage (1990 et 2012). Les estimations du couvert arboré urbain présentaient des écarts types faibles (0,2 % pour l'estimation du couvert arboré urbain national), compte tenu du nombre très élevé de points d'échantillonnage utilisés.

A3.5.7.2. Terres cultivées converties en établissements

Sources des données

L'accroissement urbain et l'expansion industrielle ont été l'un des principaux moteurs de la conversion des terres cultivées en établissements au Canada. La superficie des terres cultivées converties en établissements a été calculée en fonction des cartes d'utilisation des terres pour 1990, 2000 et 2010 préparées par Huffman, et al. (2015a). Les zones converties pour les périodes de 1990 à 2000 et de 2000 à 2010 ont été calculées au moyen de l'analyse spatiale pour chaque UR et divisées par le nombre d'années afin d'établir le taux de conversion annuel constant. Les zones converties ont été extrapolées après 2010. La superficie totale des Terres cultivées converties en établissements au cours des périodes de 1990 à 2000 et de 2000 à 2010 était de 184 kha et 115 kha, respectivement. La majorité des changements étaient attribuables à l'accroissement urbain dans les zones de déclaration 7 (Plaines à forêts mixtes) et 11 (Prairies subhumides), notamment dans les grandes villes densément peuplées, comme Toronto, Hamilton, Oshawa, Montréal et Edmonton.

Degré d'incertitude

Étant donné que les taux de conversion les plus élevés sont attribuables à l'accroissement urbain, une évaluation indépendante des superficies converties a été menée en comparant la couverture terrestre de chaque carte à une interprétation visuelle d'images orthorectifiées du satellite Landsat pour les centres urbains. La stratégie d'échantillonnage pour la présente évaluation consistait à effectuer l'analyse des cinq principales régions métropolitaines de recensement (RMR[12]), qui contribuent à 45 % de la conversion des terres cultivées en établissements. Les polygones du recensement de 2011 ont été utilisés pour définir la limite de chaque RMR. Plus de 400 points aléatoires stratifiés ont servi à vérifier la classe de couverture terrestre dans les zones où il y a des exemples de Terres cultivées converties en établissements séparées par une distance minimale de 1 km, pour éviter les erreurs statistiques. L'unité de cartographie minimale pour l'analyse de la précision a été définie comme un cercle d'un rayon de 100 m pour éviter les erreurs dues à la présence de bruit dans chaque carte classifiée. La classe de chaque emplacement a été attribuée selon la classe de la majorité des pixels, pour tenir compte des changements d'utilisation des terres. Une précision globale de 80 % et 84 % pour les superficies touchées par des changements établis a été obtenue à partir de ces cartes. Cela concorde avec l'évaluation de l'exactitude réalisée dans Huffman et al. (2015a).

A3.5.7.3. Prairies converties en établissements

Approche générale et méthode

Près de la moitié de la masse continentale du Canada se trouve dans les régions arctique et subarctique et englobe toutes les catégories de terres (GIEC, 2006), à l'exclusion des Terres cultivées. Une démarche a été conçue pour saisir les émissions de CO_2 associées aux changements d'affectation des terres en cernant les facteurs et en quantifiant les stocks de C dans la biomasse dans le nord du Canada. Cette démarche comporte les éléments suivants : i) la numérisation manuelle des polygones d'affectation des terres dans les régions arctique et subarctique du Canada pour les années 1990, 2000, 2010 et 2020 en fonction de l'imagerie Landsat orthorectifiée sur une superficie d'environ 130 millions d'hectares, y compris les zones de déclaration 1 (Cordillère arctique), 2 (Arctique-Haut), 3 (Arctique-Bas), 4 (Bouclier de la taïga est),

12 Ce terme a été défini par Statistique Canada comme étant la zone consistant en une ou plusieurs municipalités voisines avec une population de 100 000 habitants ou plus.

5 (Bouclier boréal est), 8 (Plaines hudsoniennes), 10 (Plaines boréales), 13 (Taïga des plaines), 16 (Cordillère boréale), 17 (Taïga de la Cordillère) et 18 (Bouclier de la taïga ouest); et ii) une estimation des catégories de végétation avant la conversion; les stocks de carbone dans la biomasse souterraine et aérienne associés à chaque catégorie ont été déterminés en consultation avec des experts (Lapointe-E., 2022).

Une analyse exhaustive a initialement été effectuée pour les années autour de 1990, 2000 et 2010 par interprétation des images à l'aide de l'imagerie Landsat-5 afin de numériser à la main les sites faisant l'objet de changements (McGovern et al., 2016). Sur la base de ces travaux, une cartographie a été ajoutée pour 2020 grâce à l'imagerie Landsat-8 afin d'identifier les nouvelles perturbations anthropiques dans le nord du Canada (Figure A3.5–22). Une vaste gamme de perturbations anthropiques telles que des pistes d'atterrissage, des routes, des lignes électriques, des lignes sismiques, des zones urbaines, des mines, et de plus petits éléments comme des sites de puits et des zones dégagées en bordure de route ont été identifiées grâce à des images exemptes de neige et de glace.

Les ensembles actuels de données SIG sur les activités anthropiques a permis d'initialiser la recherche des secteurs présentant de fortes probabilités de changement d'affectation des terres. Ensuite, la cartographie a été étendue à l'extérieur de ces régions en fonction des perturbations additionnelles repérées. L'ensemble de données spatiales ainsi produit fournit une cartographie exhaustive des perturbations anthropiques dans le nord du Canada. Un guide d'interprétation semblable à celui qui a été produit pour le Service canadien des forêts (Dyk et al., 2015) a permis d'assurer l'uniformisation de la détection, de la numérisation et de la catégorisation des perturbations.

Les perturbations anthropiques cartographiées comme éléments linéaires dans les données spatiales ne possèdent pas de largeur. Afin de les convertir en superficies pour les aligner avec les éléments polygonaux, il a fallu consulter des experts en 2020-2021; ces derniers ont fourni des largeurs caractéristiques pour chaque activité de développement (Lapointe-E., 2022). L'étendue des valeurs obtenues pour les routes était vaste et les types de routes, absents des données, de sorte qu'il a fallu recourir à des attributs supplémentaires du Réseau routier national (RRN) de Statistique Canada. Des mesures ont été effectuées à la main à même les images satellite afin d'estimer la largeur des zones défrichées de chaque côté des voies de circulation. Le nombre d'éléments routiers dans les données s'élevait à plus de 28 000, si bien qu'une méthode d'échantillonnage regroupant les éléments en sept catégories de routes a été employée. La largeur moyenne extraite des données échantillonnées a servi à estimer la largeur défrichée pour chacune de ces catégories. Toutes les valeurs mesurées concordaient avec l'étendue des valeurs obtenues des experts.

Les taux de changement d'affectation des terres ont été établis en fonction de la différence entre les superficies des zones de polygone à l'intérieur de chacune des périodes (1990–2000, 2000–2010, 2010–2020), divisée par le nombre total d'années de la période, afin d'obtenir un taux de changement annuel constant.

Fluctuations de la biomasse

La végétation dans cette région consiste en des îlots boisés répartis dans la Cordillère boréale et la Taïga des plaines, tandis que les zones restantes sont dominées par une végétation basse, comme des arbustes, des mélange d'herbes et d'arbustes nains, du lichen, de la mousse, des terres humides et des surfaces de sol nu en proportions variées.

Dans chaque polygone de changement d'affectation des terres, le type de couverture de la végétation avant la conversion était dérivé de la carte Couverture terrestre du Canada (CTC) mise au point par le Centre canadien de télédétection (CCT) à RNCan (Latifovic, 2019). Cette carte a été produite à l'aide de modèles d'apprentissage automatique qui classifiaient la couverture terrestre à partir de mosaïques d'images satellite sans nuages recueillies durant l'été, lorsque la neige et la glace étaient à leur minimum. La carte CTC a été sélectionnée puisqu'elle couvre complètement la zone d'étude et donne des renseignements pertinents sur 10 catégories de végétation à une échelle locale (résolution de 30 m). Dans le voisinage immédiat de chacun des sites, les proportions des catégories CTC pondérées par la superficie ont servi à représenter les conditions de la couverture terrestre avant la conversion. De plus, les événements de déforestation au-delà de 60° de latitude ont servi à s'assurer que les Terres forestières converties en établissements ont été exclues, pour éviter une double comptabilisation.

Les stocks de carbone servant à déterminer les pertes de biomasse viennent du processus de consultation auprès d'experts tenu en 2020 et 2021 (Lapointe-E., 2022). Les estimations de la biomasse aérienne se basent sur la documentation primaire, dont l'échantillonnage sur le terrain et la télédétection, ainsi que la compréhension des experts au sujet de la relation entre le climat et la productivité des plantes dans les environnements nordiques (Bona et al., 2018; Wulder et al., 2020). En ce qui a trait aux estimations de la biomasse souterraine des stocks de carbone, les participants à la consultation ont conclu que le recours aux ratios fournis par Poorter et al., 2012 (21 % pour la forêt boréale, 69 % pour la toundra) constituait la démarche la plus faisable compte tenu des données limitées dans la documentation et des preuves insuffisantes pour effectuer des estimations dans chacune des 10 catégories de végétation des CTC. En raison de la diversité des types de végétation et des paysages dans cette région, la biomasse des stocks de carbone aériens a été allouée à un niveau inférieur aux UR. Le Tableau A6.5–13 résume les valeurs pour la biomasse des stocks de carbone.

La perte de carbone causée par les changements d'affectation des terres a été estimée en multipliant la superficie annuelle touchée par leur facteur de perte de biomasse correspondant. Les émissions et taux annuels par superficie pour les années après 2020 ont été extrapolés selon la période de 2010 à 2020 en supposant un taux annuel constant. Toutes les activités

de développement comprenaient une conversion de la végétation de la toundra arctique en Établissements, et tout le C de la biomasse avant la conversion a été supposé émis au moment du déboisement ou du défrichage, donc aucun gain de carbone n'a été pris en compte après la conversion, conformément à la méthode de Niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006).

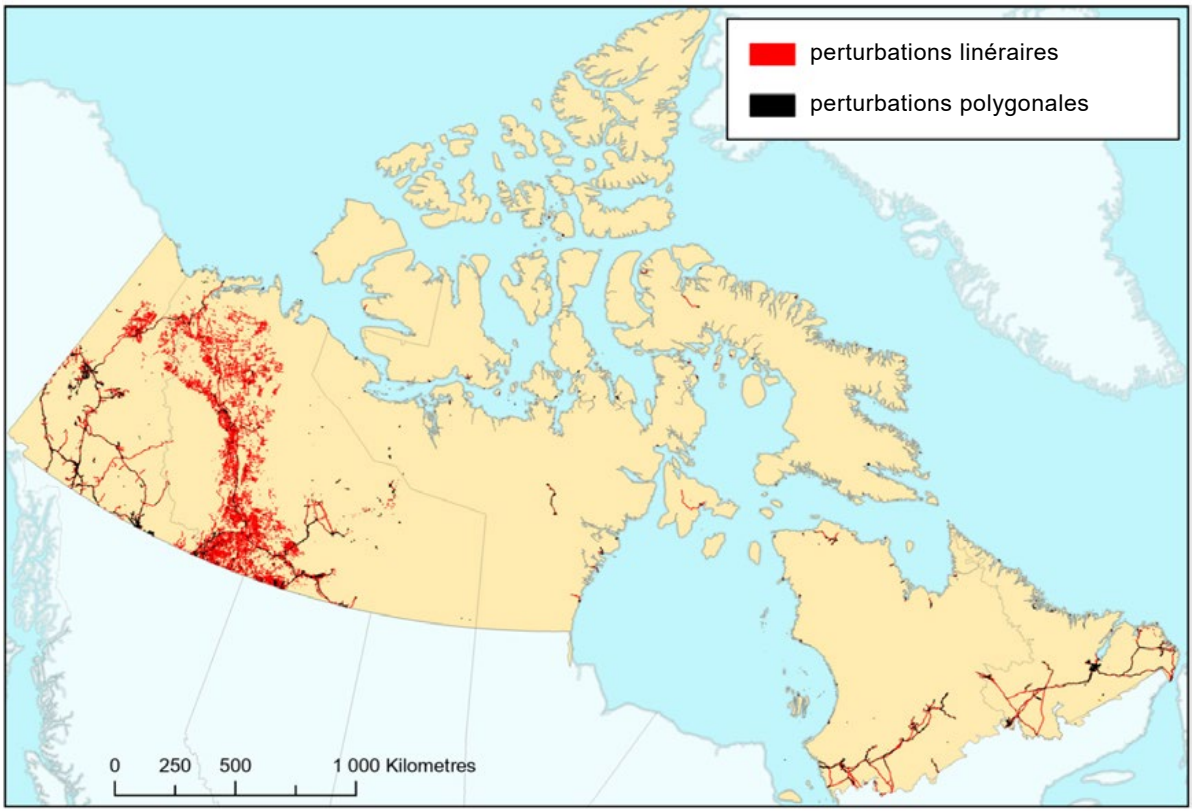
Carbone dans le sol et émissions autres que le CO_2

Étant donné la complexité des interactions entre les pratiques en matière de développement et le pergélisol ainsi que la compréhension scientifique limitée des processus entraînant des émissions et des absorptions dans ces écosystèmes, les émissions provenant des perturbations du sol dans cette région ne peuvent être quantifiées avec précision. Les experts consultés (Lapointe-E., 2022) ont déterminé qu'il faut davantage de recherches pour quantifier les émissions et absorptions associées aux diverses pratiques en matière de développement dans le nord du Canada.

Degré d'incertitude

Une approche de la propagation des erreurs a été utilisée pour estimer le degré d'incertitude pour cette catégorie. Le degré d'incertitude estimé va de 15 % à 66 % en raison des difficultés dans la collecte des données de terrain visant à déterminer les superficies défrichées autour des éléments linéaires et la teneur en carbone de la biomasse dans cette région.

Figure A3.5–22 **Emplacement des événements de changement d'affectation des terres dans le nord du Canada**



A3.5.7.4. Terres humides converties en établissements

Approche générale et méthodes

La méthodologie pour l'extraction des ressources est détaillée à la section A3.5.6.3, plus particulièrement les perturbations liées à l'exploitation des sables bitumineux. Les zones perturbées incluses dans cette méthodologie répondent à la définition des Terres humides, la majorité des émissions et absorptions étant attribuées à la sous-catégorie Terres humides converties en établissements, où le retrait de la tourbe (p. ex. l'exploitation à ciel ouvert) ou le recouvrement (p. ex. les routes, les plateformes d'exploitation) constitue la principale source d'émissions. Une plus petite proportion est attribuée à la sous-catégorie Terres humides dont la vocation n'a pas changé, pour les perturbations principalement liées au défrichage de la végétation qui favorise une régénération (p. ex. les lignes sismiques).

A3.6. Méthodologie pour le secteur des Déchets

Le secteur des Déchets comprend quatre catégories : Sites d'enfouissement, Traitement biologique des déchets solides, Incinération et combustion à l'air libre des déchets et Traitement et rejet des eaux usées. La présente section de l'Annexe 3 décrit en détail les méthodes utilisées pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) de ces catégories, en particulier pour les catégories et les gaz suivants du secteur des déchets :

- les émissions de méthane (CH_4) attribuables aux Sites d'enfouissement (sites d'enfouissement de déchets solides municipaux et de déchets de bois industriels)
- les émissions de CH_4 et d'oxyde nitreux (N_2O) attribuables au Traitement biologique des déchets solides (compostage et digestion anaérobie)
- les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de CH_4 et de N_2O attribuables à l'Incinération des déchets (déchets solides municipaux, déchets dangereux, déchets médicaux et boues d'épuration)
- les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables au Traitement et au rejet des eaux usées (municipales et industrielles)

A3.6.1. Émissions attribuables aux sites d'enfouissement

A3.6.1.1. Approche générale et méthodologie

Au Canada, la catégorie de Sites d'enfouissement comprend deux types de sites d'enfouissement : les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (DSM) et les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels. La décomposition des déchets dans les sites d'enfouissement produit des quantités importantes de CH_4 et de CO_2. Cependant, comme le CO_2 provient de sources biogènes, il n'est pas inclus dans les émissions totales des déchets (pour éviter un double comptage ou des équations unilatérales ; les émissions de CO_2 provenant de matériaux d'origine biologique sont comptabilisées dans les secteurs de l'Agriculture et de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie). Les émissions de N_2O provenant des sites d'enfouissement ne sont pas estimées, car elles ne sont pas significatives et, car aucune méthodologie de quantification n'est fournie par le GIEC (GIEC, 2006 et 2019).

Les émissions des sites d'enfouissement de DSM et de déchets de bois industriels sont calculées séparément à l'échelle provinciale et territoriale. Les émissions de sites d'enfouissement de DSM sont déclarées à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) dans la catégorie 5.A.1, Sites d'élimination des déchets solides gérés, tandis que les émissions des sites d'enfouissement de déchets de bois industriels sont déclarées dans les catégories 5.A.1, dans le cas des sites d'enfouissement d'usines de pâtes et papiers, et 5.A.2, Sites d'élimination des déchets solides non gérés, dans le cas des sites d'enfouissement de l'industrie du bois massif.

Le méthane produit par les sites d'enfouissement est calculé selon la méthode de décomposition de premier ordre (DPO), conformément au Chapitre 3 du Volume 5 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, appelé ci-après Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Le modèle DPO du GIEC considère qu'à la suite d'une période initiale de conditions aérobies, les déchets éliminés dans un site d'enfouissement se décomposeront à un taux constant, entraînant une diminution des émissions provenant de ce dépôt initial au fil du temps, à mesure que la quantité de matières décomposables diminue. Les conditions aérobies sont simulées en incluant une période de 6 mois avant le début de la décomposition. En supposant que les déchets sont déposés dans les sites d'enfouissement à un rythme constant tout au long de l'année, la date moyenne de dépôt est juillet, ce qui fait que le début de la décomposition commence en janvier ou le début de l'année suivante (GIEC, 2006).

Les pratiques de captage, de torchage et d'utilisation des gaz d'enfouissement sont de plus en plus courantes dans les sites d'enfouissement au Canada. Pour en tenir compte dans les estimations d'émission, le CH_4 des gaz de sites d'enfouissement captés par les installations est soustrait du total de CH général afin de déterminer la quantité rejetée annuellement. Pour tenir compte de l'efficacité du torchage (présumée à 99,7 %) une petite quantité (0,3 %) du CH_4 brûlé par torchage est incluse dans les estimations d'émission liée aux déchets, alors que les émissions associées à l'utilisation des gaz de sites d'enfouissement sont déclarées dans le secteur de l'Énergie. La quantité de CH_4 qui demeure non captée et qui est émise par un site d'enfouissement à travers sa couverture est réduite davantage par l'oxydation d'une partie du CH_4 en CO_2 par des bactéries méthanotrophes présentes dans le matériau de couverture.

Le calcul des émissions de CH_4 attribuables aux déchets enfouis est résumé au moyen de l'Équation A3.6–1. Les calculs par étapes qui composent le modèle DPO sont représentés par les Équation A3.6–2 à Équation A3.6–5. La production de CH_4 est calculée par matière.

Équation A3.6–1 **(modifiée d'après l'Équation 3.1 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$CH_4\ émis_T = (CH_4\ produit_T - R_T) \times (1 - OX) + CH_4\ brûlé\ par\ torchage_T \times (1 - Eff_{tor})$$

$CH_4\ émis_T$	=	CH_4 émis par les sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
T	=	année d'inventaire
$CH_4\ produit_T$	=	CH_4 produit par les déchets enfouis pendant l'année T (en tonnes)
R_T	=	CH_4 récupéré par le captage des gaz des sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
OX	=	facteur d'oxydation (fraction)
$CH_4\ brûlé\ par\ torchage_T$	=	quantité de CH_4 brûlé par torchage pendant l'année T (en tonnes)
Eff_{tor}	=	efficacité du torchage (fraction)

Équation A3.6–2 **(modifiée d'après l'Équation 3.2 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$CODD_{m,T} = Déchets\ éliminés_{m,T} \times COD_m \times COD_{fm}$$

$CODD_{m,T}$	=	masse de carbone organique dégradable et décomposable d'une matière m éliminée pendant l'année T (en tonnes)
m	=	type de matière de déchet éliminé (p. ex., aliment, papier, etc.)
T	=	année
$Déchets\ éliminés_{m,T}$	=	masse d'une matière de déchet m éliminée pendant l'année T (en tonnes)
COD_m	=	fraction du carbone organique dégradable dans le type de matière de déchet m
$COD_{f,m}$	=	fraction de carbone organique dégradable (COD) susceptible de se décomposer ou qui se décompose pour le type de matière de déchet m

Équation A3.6–3 **(modifiée d'après l'Équation 3.4 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$CODDma_T = CODDmd_T + (CODDma_{T-1} \times e^{-k})$$

T	=	année d'inventaire
$CODDma_T$	=	CODDm (COD décomposable d'une matière de déchet m) accumulé dans les sites d'enfouissement à la fin de l'année T (en tonnes)
$CODDma_{T-1}$	=	CODDm accumulé dans les sites d'enfouissement à la fin de l'année (T-1) (en tonnes)
$CODDmd_T$	=	CODDm décomposé dans les sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
k	=	constante du taux de décomposition (année^{-1})

Équation A3.6–4 **(modifiée d'après l'Équation 3.5 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$CODDmdécomp_T = CODDma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

$CODDmdécomp_T$	=	CODDm (carbone organique dégradable et décomposable d'une matière de déchet m) décomposé dans les sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
T	=	année d'inventaire
$CODDma_{T-1}$	=	CODDm accumulé dans les sites d'enfouissement à la fin de l'année (T-1) (en tonnes)
k	=	constante du taux de décomposition (année^{-1})

Équation A3.6–5 **(Équation 3.6 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$CH_4produit = CODDmdécomp_{mT} \times FracCH_4 \times \frac{16}{12} \times FCM$$

$CH_4\ produit$	=	quantité de CH_4 produite à partir de la matière décomposable
$CODDm\ décomp_{mT}$	=	CODDm (carbone organique dégradable et décomposable d'une matière de déchet m) décomposé pendant l'année T (en tonnes).
$FracCH_4$	=	fraction de CH_4, par volume, contenue dans les gaz d'enfouissement.
$16/12$	=	rapport moléculaire pondéral CH_4/C
FCM	=	facteur de correction du méthane

Les paramètres d'équation utilisés, dont les valeurs de carbone organique dégradable (COD) selon la matière et le carbone organique dégradable qui se décompose (COD_f) et les constantes du taux de décomposition, sont présentés dans la section A3.6.1.2 pour les sites d'enfouissement de DSM et dans la section A3.6.1.3 pour les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels. Pour plus de détails sur les paramètres eux-mêmes, comme la façon dont ils sont élaborés et des conseils sur le choix des valeurs appropriées, voir le Chapitre 3 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

A3.6.1.2. Sites d'enfouissement des déchets solides municipaux

A3.6.1.2.1. Paramètres du modèle pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux

Carbone organique dégradable

Le carbone organique dégradable (COD) représente la quantité de carbone organique dans les déchets qui est disponible pour la décomposition. Il constitue une caractéristique des matières éliminées dans les sites d'enfouissement. Le COD est généralement mesuré comme étant une fraction du poids humide des déchets, à l'exception des boues d'épuration qui sont mesurées en poids sec. Le COD total est déterminé par la composition des déchets introduits dans le site d'enfouissement. Les valeurs de COD selon la matière utilisée sont présentées dans le Tableau A3.6–1.

Tableau A3.6–1 **Contenu de carbone organique dégradable (COD) des déchets et fraction de carbone organique dégradable qui se décompose (COD_f)**

Matière	COD	Source de COD	COD_f	Source de COD_f
Aliments	0,15	GIEC (2006)	0,70	GIEC (2019)
Papier	0,40		0,50	
Bois	0,43		0,10	
Déchets de jardinage	0,20		0,70	
Textiles	0,24		0,50	
Textiles – naturels	0,40		0,50	
Textiles – synthétiques	0,00		0,00	Inerte
Cuir	0,39		0,10	Estimation d'ECCC selon laquelle le cuir se décompose moins bien
Caoutchouc	0,39		0,00	GIEC (2006), note de bas de page du Tableau 2.4 (Les caoutchoucs naturels ne se décomposent pas dans les sites d'enfouissement)
Caoutchouc et cuir	0,39		0,05	Mélange de caoutchouc et de cuir présumé à 50/50
Terre	0,03	Estimation d'ECCC	0,10	Estimation d'ECCC selon laquelle la terre se décompose moins bien
Papier souillé	0,40		0,50	GIEC (2006), (2019) valeur par défaut (déchets en vrac)
Couches et produits sanitaires	0,24	GIEC (2006)	0,50	
Déchets d'animaux de compagnie	0,24	Estimation d'ECCC	0,50	
Débris de construction mixte	0,22	Estimation d'ECCC	0,10	La partie dégradable est présumée être du bois
Débris de construction inerte	0,00	Estimation d'ECCC	0,00	Inerte
Plastiques	0,00	GIEC (2006)	0,00	Inerte
Verre				
Métaux				
Béton				
Déchets dangereux		Estimation d'ECCC		
Huiles, peintures et solvants				
Asphalte				
Appareils électroniques				
Cendres				
Boues (poids sec)	0,06	Analyse d'ECCC (moyenne pondérée)	0,70	GIEC (2019, 19R_V5_Waste_Model.xls)
Boues (poids humide)	0,40			
Boues non-traitées (poids sec)	0,50	GIEC (2019)		
Boues non-traitées (poids humide)	0,05			
Boues traitées (poids sec)	0,30			
Boues traitées (poids humide)	0,10			
Boues industrielles	0,09	GIEC (2019)		
Autres – résidentiel	0,10	Estimation d'ECCC	0,50	GIEC (2006, 2019) valeur par défaut (déchets en vrac)
Autres – ICI	0,05			
Autres – CD	0,00			
Autres – inconnu	0,05			
Autres (matières inertes)	0,00		0,00	Inerte

Fraction de carbone organique dégradable qui se décompose

Le carbone organique dégradable qui se décompose (COD_f) est une estimation de la fraction de COD dans les déchets qui se décomposent réellement dans les sites d'enfouissement. Les valeurs du COD_f selon la matière sont tirées principalement de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2019). Ces valeurs sont présentées dans le Tableau A3.6–1.

Facteur de correction du méthane

Le facteur de correction du CH_4 (FCM) tient compte de la décomposition des déchets dans le cadre de différentes pratiques de gestion. Il sert à tenir compte du fait qu'une portion plus élevée de CH_4 est produite dans les conditions anaérobies présentes dans les sites d'enfouissement gérés par rapport aux sites d'enfouissement non gérés, qui produisent généralement moins de CH_4 à partir d'une quantité donnée de déchets (GIEC, 2006). Tous les sites d'enfouissement de DSM au Canada sont présumés être des sites d'enfouissement gérés en environnement anaérobie (FCM = 1,0).

Constante du taux de décomposition (k)

La constante du taux de décomposition, k, représente la vitesse à laquelle le CH_4 est produit lors de la réaction de DPO après que les déchets aient été éliminés dans le site d'enfouissement. La valeur de k peut varier, entre autres, en fonction de la teneur en humidité, la disponibilité des éléments nutritifs, la température et le pH. Les constantes du taux de décomposition indiquées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour les zones climatiques boréales tempérées humides et sèches sont généralement utilisées (GIEC, 2006). Les climats « humides » et « secs » sont définis selon le rapport de précipitations annuelles moyennes à l'évapotranspiration potentielle. Les climats humides sont définis comme ayant des précipitations annuelles moyennes supérieures à l'évapotranspiration potentielle, tandis que les climats secs sont définis comme ayant des précipitations annuelles moyennes inférieures à l'évapotranspiration potentielle. Les constantes du taux de décomposition selon la matière, par climat, sont présentées dans le Tableau A3.6–2. Il est question des estimations des déchets éliminés dans des sites d'enfouissement par zone climatique, pour chaque province, dans la section A3.6.1.2.2.

L'application de constantes du taux de décomposition par type de matière, plutôt que comme moyennes globales pour tous les déchets, améliore l'estimation de la production de méthane en tenant compte des différences entre les taux de décomposition des différentes matières et les variations dans la composition des déchets au fil du temps. Par exemple, les déchets alimentaires ont une constante du taux de décomposition de 0,185 (année^{-1}) ou une demi-vie de 3,7 années dans des climats humides, tandis que le papier a une constante du taux de décomposition de 0,06 (année^{-1}) ou une demi-vie de 11,6 années dans le même climat. Dans cet exemple, les aliments se décomposent rapidement et rejettent des émissions dans les premières étapes du processus, puis les émissions diminuent plus rapidement que celles du papier. En revanche, le papier produit initialement moins d'émissions par masse unitaire, mais le rythme de production de ces émissions diminue plus lentement, ce qui se traduit par des taux relativement élevés de production de méthane sur de longues périodes.

Fraction de gaz d'enfouissement qui est du méthane

La valeur de $FracCH_4$ de l'Équation A3.6–5 représente la fraction de CH_4 du gaz d'enfouissement généré (fraction du volume) par la décomposition des déchets. Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) recommandaient qu'une valeur par défaut de 0,5 soit utilisée pour toutes les périodes et les régions. Il convient de noter que cette valeur diffère de la concentration ultime de méthane des gaz d'enfouissement, qui peut différer en fonction des apports atmosphériques (conditions aérobies ou semi-aérobies ou dépassement du système de collecte) et de l'absorption de CO_2 dans le lixiviat sous forme de bicarbonate.

Récupération du méthane

Les émissions de méthane sont réduites par la récupération des gaz d'enfouissement, qui est une pratique courante au Canada. Les données sur la récupération du méthane sont recueillies au moyen de sondages à participation facultative, habituellement menés tous les deux ans. Les exploitants d'installations déclarent les quantités (volume ou masse) de gaz d'enfouissement ou de CH_4 récupéré par torchage ou utilisé pour la production d'énergie à Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), et ce, dans le cadre des sondages à participation facultative. Les quantités déclarées par les installations proviennent de différentes méthodes, variant selon les sites. Presque toutes les valeurs déclarées découlent de débits mesurés de gaz d'enfouissement circulant dans les systèmes de collecte et de récupération, calibrés à une température et une pression standards, et déclarés avec la concentration en méthane du gaz d'enfouissement (il est à noter que les températures standards utilisées varient d'un site à l'autre). Le gaz d'enfouissement ou le CH_4 déclarés sont ensuite convertis par ECCC en masse (tonnes) de CH_4 récupéré à des fins de compilation. Les lacunes dans les séries chronologiques sont comblées par ECCC au moyen d'interpolations et d'extrapolations au niveau des installations, en tenant compte des dates de début et d'arrêt des systèmes de collecte, de torchage et d'utilisation du gaz d'enfouissement. Les données sur la récupération du CH_4 sont également recueillies à partir des rapports de conformité environnementale et des bases de données provinciales, lorsqu'ils sont disponibles.

Émissions attribuables au torchage et à l'utilisation

Le méthane dans les gaz d'enfouissement est détruit (s'oxyde en CO_2) par torchage ou combustion à des fins de production d'énergie. Le méthane rejeté lors du torchage en raison de l'inefficacité de la combustion est inclus dans les totaux des émissions (la combustion par torchage est considérée comme étant efficace à 99,7 %). Le CH_4 rejeté lors du torchage est ajouté au CH_4 rejeté par les sites d'enfouissement afin d'obtenir le total de CH_4 émis. Le méthane rejeté en raison de l'inefficacité de la combustion visant à produire de l'énergie est estimé et déclaré dans le secteur de l'énergie et n'est pas inclus dans les totaux des déchets.

Tableau A3.6–2 **Constantes du taux de décomposition et demi-vies des déchets, par climat**

Matière	Taux de décomposition, k (année^{-1})		Demi-vie (année)		Source
	Sec	Humide	Sec	Humide	
Aliments	0,06	0,185	12	4	GIEC (2006)
Papier	0,04	0,06	17	12	
Textiles	0,04	0,06	17	12	
Textiles – naturels	0,04	0,06	17	12	
Textiles – synthétiques	0	0	0	0	Inerte
Bois	0,02	0,03	35	23	GIEC (2006)
Déchets de jardinage	0,05	0,1	14	7	
Papier souillé	0,05	0,1	14	7	Estimation d'ECCC (équivalent au 'Papier')
Caoutchouc	0	0	0	0	Inerte dans les sites d'enfouissement (GIEC [2006], note au bas du Tableau 2.4)
Cuir	0,02	0,03	35	23	Estimation d'ECCC selon laquelle le cuir se dégrade lentement
Caoutchouc et cuir	0,02	0,03	35	23	
Couches et produits sanitaires	0,05	0,1	14	7	GIEC (2006)
Déchets d'animaux de compagnie	0,06	0,185	12	4	
Déchets de construction mixte	0,02	0,03	35	23	Estimé être composé de bois à 50% (Lignes directrices 2006 du GIEC – Bois)
Déchets de construction inerte	0	0	0	0	Inerte
Terre	0,02	0,03	35	23	Estimation d'ECCC selon laquelle le carbone dégradable dans le sol se décompose lentement
Plastiques	0	0	0	0	Inerte
Huiles, peintures et solvants	0	0	0	0	
Verre	0	0	0	0	
Métaux	0	0	0	0	
Déchets dangereux	0	0	0	0	
Béton	0	0	0	0	
Asphalte	0	0	0	0	
Autres matières inertes	0	0	0	0	
Appareils électroniques	0	0	0	0	
Cendres	0	0	0	0	
Boues (poids sec)	0,06	0,185	12	4	GIEC (2006)
Boues (poids humide)	0,06	0,185	12	4	
Boues non-traitées (poids sec)	0,06	0,185	12	4	
Boues non-traitées (poids humide)	0,06	0,185	12	4	
Boues traitées (poids sec)	0,06	0,185	12	4	
Boues traitées (poids humide)	0,06	0,185	12	4	
Boues industrielles	0,06	0,185	12	4	
Autres – résidentiel	0,05	0,09	14	8	Estimation d'ECCC (Selon le GIEC 2006, les déchets en vrac, C&D et Autres sont tous des matières inertes)
Autres – ICI	0,05	0,09	14	8	
Autres – CD	0	0	0	0	
Autres – inconnu	0,05	0,09	14	8	

Oxydation dans la couverture du site d'enfouissement

Les émissions de méthane associées aux sites d'enfouissement sont réduites davantage par l'oxydation du CH_4 en CO_2 par les bactéries méthanotrophes dans le matériau de couverture du site d'enfouissement. Un large éventail de règlements provinciaux exige que les sites d'enfouissement canadiens soient recouverts d'une couverture quotidienne de matières comme de la terre, du compost, des matières ligneuses ou des matériaux de remblai. Lorsqu'un site d'enfouissement n'est plus opérationnel, il est recouvert d'une couverture finale plus robuste.

Le facteur par défaut de 0,1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour les sites d'enfouissement gérés couverts d'un matériau oxydant, le CH_4 est utilisé pour toutes les régions et années.

A3.6.1.2.2. Sources de données pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux

La plupart des déchets enfouis au Canada sont gérés par des sites d'enfouissement municipaux, qui comprennent à la fois des installations exploitées par les municipalités et des installations privées spécialisées dans l'élimination des déchets par enfouissementIl n'y a pas de données cohérentes et exhaustives sur la quantité et les types de déchets enfouis au Canada. Toutefois, il existe des données sur la quantité totale de DSM éliminés qui est la somme des DSM enfouis, incinérés ou exportés (pour être enfouis ou incinérés) à l'étranger. La quantité de déchets enfouis peut être calculée à partir du total éliminé en soustrayant la quantité exportée et incinérée.

La source principale de données est l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets de Statistique Canada qui est menée chaque deux ans (Statistique Canada, s.d.[a]). Des données antérieures sur l'élimination sont accessibles dans le rapport Levelton, préparé pour Environnement Canada (Levelton, 1991). Certaines données supplémentaires sur l'élimination sont recueillies directement auprès des provinces (par exemple, l'Île-du-Prince-Édouard [PE]).

Les données de Statistique Canada et du rapport Levelton ne comprennent que les DSM (déchets solides). Les DSM, comme définis par Statistique Canada dans le cadre de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets, n'incluent pas les sols et les remblais (qui sont utilisés comme couverture du site d'enfouissement ou qui sont contaminés), les mâchefers et les boues d'épuration. Les boues d'épuration éliminées doivent être comptabilisées séparément. Celles-ci sont estimées en se basant sur la production de boues qui est comptabilisée à partir des calculs d'émission des eaux usées, et ce, en tenant compte de l'incinération, de l'exportation et de l'utilisation comme amendement agricole ou comme remise en état des terres. Pour obtenir plus de détails sur la comptabilisation des boues, consulter la section A3.6.4.1.1.

Le total des déchets enfouis est déterminé à partir de la quantité éliminée après avoir comptabilisé les quantités incinérées et les quantités exportées, en ajoutant la quantité de boues d'épuration envoyées aux sites d'enfouissement, comme indiqué à l'Équation A3.6–6. La répartition résultante des déchets éliminés est illustrée à la Figure A3.6–1. Dans cette figure, les valeurs négatives des déchets exportés correspondent aux déchets importés.

Équation A3.6–6 **Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement municipaux**

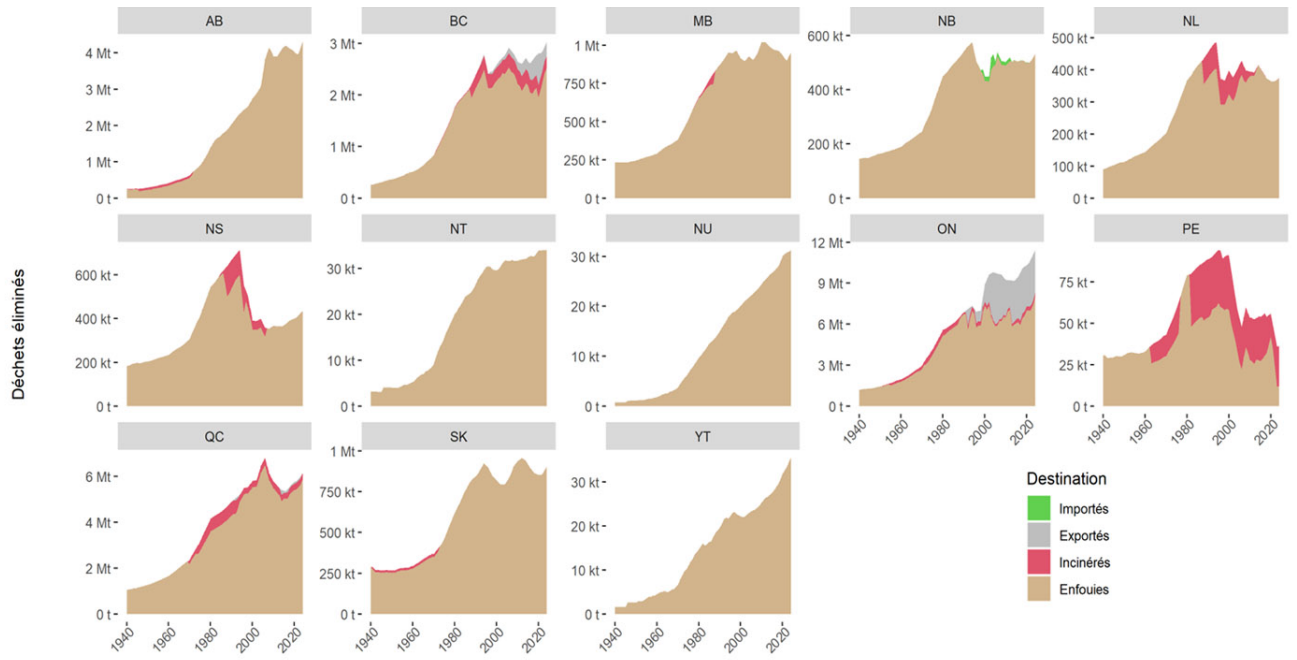
$$\textit{Total des déchets enfouis} = [DSM_{éliminés} - DSM_{incinérés} - DSM_{exportés}] + \textit{boues d'épuration}_{enfouies}$$

$\textit{Total des déchets enfouis}$	=	masse de déchets enfouis, en tonnes
$DSM_{éliminés}$	=	masse de déchets solides municipaux (DSM) éliminés au Canada
$DSM_{incinérés}$	=	masse de DSM incinérés au Canada, en tonnes
$DSM_{exportés}$	=	masse nette de DSM exportés (ou importés) vers (depuis) les États-Unis, en tonnes
$\textit{Boues d'épuration}_{enfouies}$	=	masse de boues d'épuration enfouies, en tonnes

Les quantités de déchets éliminés de 1941 à 1980 pour l'ensemble des provinces et des territoires sont calculées à l'aide des taux d'élimination des déchets par habitant tirés de la documentation disponible (Levelton, 1991) et de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [b] ; Statistique Canada, s.d. [c]). Levelton (1991) présentait les taux d'élimination des déchets par habitant par incréments de 5 à 20 ans. Les taux d'élimination ont été interpolés de façon linéaire pour les années intermédiaires. Les taux d'élimination pour 1985 et 1990 publiés dans le rapport étaient des extrapolations et ne sont pas inclus dans la préparation des données du RIN. Les taux d'élimination pour les provinces et les territoires de 1981 à 1993 ont été interpolés de façon linéaire entre le taux d'élimination des déchets par habitant en 1980 de Levelton (1991) et le taux d'élimination des déchets par habitant en 1994 (1995 à PE) de Statistique Canada.

Les données sur les déchets éliminés depuis 1994 sont tirées de l'Enquête biennale sur l'industrie de la gestion des déchets de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [a]), qui compile des données sur l'élimination des déchets pour chaque année paire. Les quantités de déchets éliminés sont interpolées de façon linéaire pour les années intermédiaires (p. ex., 1995, 1997). Lorsque les données de l'enquête ne sont pas encore disponibles pour la dernière année d'inventaire, les quantités de déchets éliminés sont extrapolées en fonction de la population.

Figure A3.6–1 **Déchets solides municipaux (DSM) éliminés au Canada et destinations lors de l'élimination**



La quantité de déchets éliminés pour PE et les territoires est supprimée des tableaux de Statistique Canada pour la majorité des années, et ce, pour des raisons de confidentialité. Les données sur l'élimination des déchets pour l'Île-du-Prince-Édouard ont été obtenues de la province pour les années de 1995 à 2000, de 2004 à 2018 et de 2023 à 2024. Les lacunes dans les données sur les séries chronologiques d'élimination par province et par territoire ont été comblées par interpolation linéaire. Lorsque cela est nécessaire, l'extrapolation des quantités éliminées est effectuée en maintenant constants les taux d'élimination par habitant.

Il est question des données sur la quantité de déchets incinérés dans la section A3.6.3.

Les exportations de déchets ne sont pas directement suivies par le Canada. Une base de données interne d'ECCC sur les déchets exportés vers les États-Unis a été compilée à partir des bases de données étatiques de rapports du Congrès des États-Unis et auprès des fonctionnaires des États. Lorsque les données ne sont pas disponibles pour les années de déclaration les plus récentes, le dernier point de données est maintenu constant.

La production de boues d'épuration est estimée dans le cadre des calculs des flux de matières organiques des eaux usées. La quantité de boues d'épuration enfouies peut être estimée de manière similaire à celle utilisée pour les DSM, en tenant compte de l'incinération et de l'exportation, mais aussi de la digestion anaérobie, du compostage et de l'épandage sur les terres. Le suivi des boues d'épuration enfouies est détaillé à la section A3.6.4.1.4 et dans l'Équation A3.6–32.

La quantité totale de déchets enfouis est calculée à partir des DSM éliminés, prenant en compte les exportations et l'incinération. Les quantités de boues enfouies sont ensuite ajoutées. La quantité finale de déchets enfouis est indiquée dans le Tableau A3.6–3 et la Figure A3.6–1.

Caractérisation des déchets solides municipaux

La caractérisation des déchets consiste en la quantification de la composition des déchets. Les déchets solides municipaux sont caractérisés après avoir comptabilisé les exportations et l'incinération. Les boues d'épuration sont ajoutées aux totaux des déchets enfouis par la suite et ne sont pas incluses dans la caractérisation ou touchées par celle-ci.

Il est difficile et coûteux de réaliser des études sur la caractérisation des déchets ayant une portée suffisante pour décrire la composition des déchets dans l'ensemble des régions du Canada. Par conséquent, elles ne sont pas réalisées souvent. Idéalement, les déchets sont caractérisés de manière distincte pour chaque région (province et territoire) et pour l'ensemble des flux et des sources de déchets. Les sources de déchets, qui sont tirées de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets de Statistique Canada et qui sont utilisées pour certaines caractérisations, sont constituées des flux de déchets des ICI, résidences et CD.

Le niveau de détail et la classification des matières varient selon les études de caractérisation. Certaines études fournissent une caractérisation régionale, ou même une caractérisation par région et source de déchets. De plus, un manque d'uniformité est noté dans les caractérisations utilisées, puisqu'un type de déchets est parfois caractérisé séparément dans une étude, mais pas dans les suivantes. C'est le cas, par exemple, de la catégorie « Caoutchouc et cuir », qui figure dans l'étude de caractérisation de SMi (2016), de la catégorie « Autres matières inertes », qui comprend les déchets non organiques non classés dans l'étude de SMi, et de la catégorie « Déchets d'animaux de compagnie », qui est incluse dans les études de caractérisation d'ECCC (ECCC, 2025) mais pas dans les études précédentes.

Une caractérisation complète des déchets enfouis par source de déchets, y compris les boues d'épuration, est présentée dans la Figure 7–1 du Chapitre 7. Les sources utilisées et les périodes applicables pour chaque source sont résumées par type de déchets général dans le Tableau A3.6–4. La caractérisation d'ECCC (ECCC, 2025) est basée sur une caractérisation continue où les rapports sont compilés en blocs temporaires représentant la composition des déchets de 2008 à 2016, de 2017 à 2020 et de 2021 à aujourd'hui.

Tableau A3.6–3 **Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (millions de tonnes)**

Année	Aliments	Papier	Couches, produits sanitaires et déchets d'animaux de compagnie	Textiles	Caoutchouc et cuir	Boues d'épuration (poids sec)	Boues d'épuration traitées (poids sec)	Déchets de jardinage	Bois	Débris de construction mixte	Autres	Matières inertes	Total
1941–1989	53,18	155,77	0	4,91	2,26	0	0	51,74	15,82	8,42	30,17	96,93	419,2
1990	2,51	5,22	0	0,39	0,05	0,13	0,02	2,38	1,42	0,36	2,07	4,07	18,62
1991	2,55	5,29	0	0,4	0,05	0,13	0,02	2,43	1,45	0,37	2,11	4,14	18,94
1992	2,44	4,97	0	0,39	0,05	0,13	0,02	2,31	1,39	0,35	2,02	3,95	18,02
1993	2,6	5,35	0	0,41	0,05	0,13	0,02	2,47	1,48	0,38	2,15	4,22	19,26
1994	2,76	5,7	0	0,43	0,06	0,13	0,02	2,62	1,58	0,4	2,28	4,48	20,46
1995	2,7	5,6	0	0,42	0,05	0,12	0,02	2,57	1,55	0,39	2,24	4,4	20,06
1996	2,55	5,25	0	0,4	0,05	0,12	0,02	2,42	1,48	0,36	2,11	4,16	18,92
1997	2,57	5,31	0	0,4	0,05	0,12	0,02	2,44	1,49	0,37	2,14	4,2	19,11
1998	2,57	5,31	0	0,4	0,05	0,11	0,02	2,44	1,5	0,37	2,14	4,21	19,12
1999	2,74	5,69	0	0,41	0,05	0,11	0,02	2,6	1,59	0,39	2,26	4,48	20,34
2000	2,83	5,9	0	0,42	0,05	0,11	0,02	2,69	1,65	0,4	2,33	4,62	21,02
2001	2,8	5,81	0	0,42	0,05	0,11	0,02	2,66	1,63	0,4	2,31	4,58	20,79
2002	3,78	5,19	0	0,56	0,16	0,09	0,02	1,15	2,57	0	1,07	6,56	21,15
2003	3,77	5,07	0	0,56	0,16	0,09	0,03	1,17	2,56	0	1,06	6,46	20,93
2004	3,81	5,08	0	0,56	0,16	0,08	0,03	1,2	2,53	0	1,06	6,4	20,91
2005	3,86	5,12	0	0,57	0,17	0,07	0,03	1,26	2,58	0	1,07	6,46	21,19
2006	4,06	5,31	0	0,59	0,17	0,07	0,03	1,4	2,59	0	1,13	6,56	21,91
2007	4,05	5,37	0	0,6	0,17	0,07	0,03	1,41	2,59	0	1,15	6,59	22,03
2008	4,26	2,78	0,59	0,7	0,36	0,06	0,03	0,97	2,65	0	3,47	6,04	21,91
2009	4,27	2,79	0,59	0,7	0,36	0,06	0,03	0,96	2,65	0	3,47	6,05	21,93
2010	4,27	2,74	0,6	0,69	0,35	0,05	0,03	0,97	2,5	0	3,44	5,88	21,52
2011	4,32	2,78	0,62	0,71	0,36	0,05	0,03	0,97	2,54	0	3,48	5,96	21,82
2012	4,35	2,79	0,63	0,72	0,36	0,05	0,03	0,99	2,48	0	3,5	5,85	21,75
2013	4,13	2,62	0,59	0,67	0,34	0,04	0,03	0,96	2,34	0	3,31	5,54	20,57
2014	4,13	2,6	0,59	0,66	0,34	0,04	0,03	0,96	2,36	0	3,32	5,59	20,62
2015	4,17	2,63	0,59	0,67	0,35	0,03	0,03	0,97	2,38	0	3,35	5,65	20,82
2016	4,2	2,62	0,61	0,67	0,35	0,04	0,03	0,99	2,31	0	3,37	5,56	20,75
2017	4,05	2,42	0,65	0,83	0,27	0,04	0,03	0,85	2,17	0	3,55	5,62	20,48
2018	4,21	2,49	0,69	0,86	0,27	0,04	0,04	0,89	2,2	0	3,69	5,8	21,18
2019	4,26	2,52	0,7	0,87	0,28	0,04	0,03	0,9	2,24	0	3,74	5,88	21,46
2020	4,3	2,58	0,7	0,88	0,28	0,04	0,03	0,92	2,24	0	3,78	5,88	21,63
2021	3,68	2,49	0,67	1,08	0,34	0,03	0,03	0,91	2,4	0	4,03	6,08	21,74
2022	3,64	2,51	0,66	1,08	0,34	0,03	0,03	0,9	2,55	0	4,01	6,22	21,97
2023	3,79	2,62	0,69	1,12	0,36	0,04	0,03	0,93	2,66	0	4,17	6,48	22,89
2024	3,98	2,75	0,72	1,17	0,38	0,04	0,04	0,98	2,8	0	4,38	6,81	24,05

Notes :
Les matières inertes comprennent le verre, les métaux, les cendres, le béton, l'asphalte, les plastiques, le débris de construction inerte, les autres déchets inertes et les appareils électroniques.
Ensemble de données complet, par province, territoire et région climatique, disponible sur demande.

L'étude de caractérisation par Ressources naturelles Canada (RNCan) (2006) comprenait des détails pour les déchets éliminés et le recyclage. Le recyclage municipal au Canada n'a commencé que dans les années 1990. Afin de refléter la composition des déchets avant le recyclage, la caractérisation du recyclage et la caractérisation des déchets de RNCan (2006) ont été combinées pour la période de 1976 à 1989. La caractérisation de Bond et Straub (1973) a été réalisée à partir de données en provenance des États-Unis et a été utilisée en présumant que le profil des déchets au Canada à ce moment-là était raisonnablement similaire. La caractérisation de SMi ne quantifiait pas les catégories de matières considérées comme ayant un contenu faible ou négligeable en matières organiques (SMi, 2016).

Tableau A3.6–4 **Sources de la caractérisation des déchets utilisées**

Caractérisation	De	À	Caractérisé par	Remarques
Bond et Straub (1973)	1941	1975	Tout le Canada	La caractérisation des déchets n'est pas propre au Canada
RNCan (2006) (recyclage classé comme étant éliminé)	1976	1989	Provinces et territoires	Matières triées pour le recyclage ajoutées aux quantités éliminées pour refléter la caractérisation avant la mise en œuvre généralisée de collecte du recyclage en bordure de rue.
RNCan (2006)	1990	2001	Provinces et territoires	Analyse par RNCan de l'enquête de Statistique Canada sur l'industrie de la gestion des déchets (2002).
SMi (2016)	2002	2007	Provinces et territoires et source de déchets (résidentiels, CD, ICI)	Seuls les déchets contenant des matières organiques ont été caractérisés dans le cadre de cette étude. Tous les autres déchets ont été groupés comme « autres matières inertes ».
ECCC 2025	2008	2016		Données issues de rapports publiés entre 2008 et 2016
ECCC 2025	2017	2020		Données issues de rapports publiés entre 2017 et 2020
ECCC 2025	2021	Actuel		Données issues de rapports publiés de 2021 jusqu'à présent (certaines données antérieures ont été utilisées si nécessaire)

Déchets éliminés par région climatique

Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) définissent un climat humide comme ayant des précipitations annuelles moyennes supérieures à l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne, et un climat sec comme ayant des précipitations annuelles moyennes inférieures à l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne. Afin de déterminer la proportion de déchets enfouis dans des zones climatiques humides ou sèches (par province), les quantités connues de déchets éliminés dans les sites d'enfouissement de la plus grande taille (environ 300) ont été cartographiées par rapport aux précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne à long terme (de 1941 à 2023; Climate Research Unit, University of East Anglia, résolution spatiale de 0,5 degré; version CRU 4.08; Figure A3.6–2). Les proportions obtenues du climat humide et sec pour chaque province et territoire se trouvent dans le Tableau A3.6–5 et sont illustrées dans la Figure A3.6–2.

Récupération du méthane

Le captage des gaz d'enfouissement dans les grandes installations municipales de gestion des DSM est courant au Canada. Étant donné sa concentration relativement élevée de CH_4, le gaz d'enfouissement capturé peut être utilisé pour la production de chaleur ou d'électricité. Les installations peuvent également choisir de brûler le gaz capté par torchage. Il est à noter que toutes les émissions résultant de la production de chaleur ou d'électricité à partir de gaz d'enfouissement sont déclarées dans le secteur de l'énergie. Consultez la Figure 7–1 et le Tableau A3.6–6 au Chapitre 7 pour obtenir les totaux de la récupération du CH_4.

Les données sur le captage des gaz d'enfouissement sont recueillies au moyen de sondages biennaux à participation facultative menés par Environnement et Changement climatique Canada. Des lacunes dans les séries chronologiques pour les installations déclarantes sont comblées à l'aide de l'interpolation linéaire. Si des lacunes dans les données existent avant la première déclaration d'une installation, la récupération des gaz d'enfouissement est extrapolée en retournant dans le temps à l'année où les opérations de torchage ou l'utilisation du CH_4 ont commencé pour la première fois à l'installation (et non extrapolées si ces dates sont inconnues). Si les résultats de l'enquête pour les dernières années ne sont pas disponibles, les données les plus récentes sont maintenues constantes.

La quantité de CH_4 récupéré pour chaque province est calculée à partir du volume de gaz capté par toutes les installations dans cette province. Les totaux nationaux sont présentés dans le Tableau A3.6–6.

Bien que le torchage des gaz d'enfouissement captés réduise considérablement les émissions de CH_4 par combustion (oxydation), une petite partie (0,03 %) est rejetée au cours du processus de combustion. Ainsi, une efficacité de torchage de 99,7 % est utilisée pour calculer le CH_4 total produit par les sites d'enfouissement (U.S. EPA, 1995).

A3.6.1.2.3. Estimations des émissions pour les sites d'enfouissement de DSM

Les émissions de méthane sont calculées comme le CH_4 net produit (estimé à l'aide du modèle de décomposition de premier ordre) moins la récupération totale (déclarée par les installations) du CH_4, les réductions découlant l'oxydation du CH_4 et les émissions associées au torchage et à l'utilisation (calculées en fonction de la production et de la récupération). Les estimations sont présentées dans le Tableau A3.6–6.

Figure A3.6–2 **Régions climatiques à long terme au Canada et plus grands sites d'enfouissement**

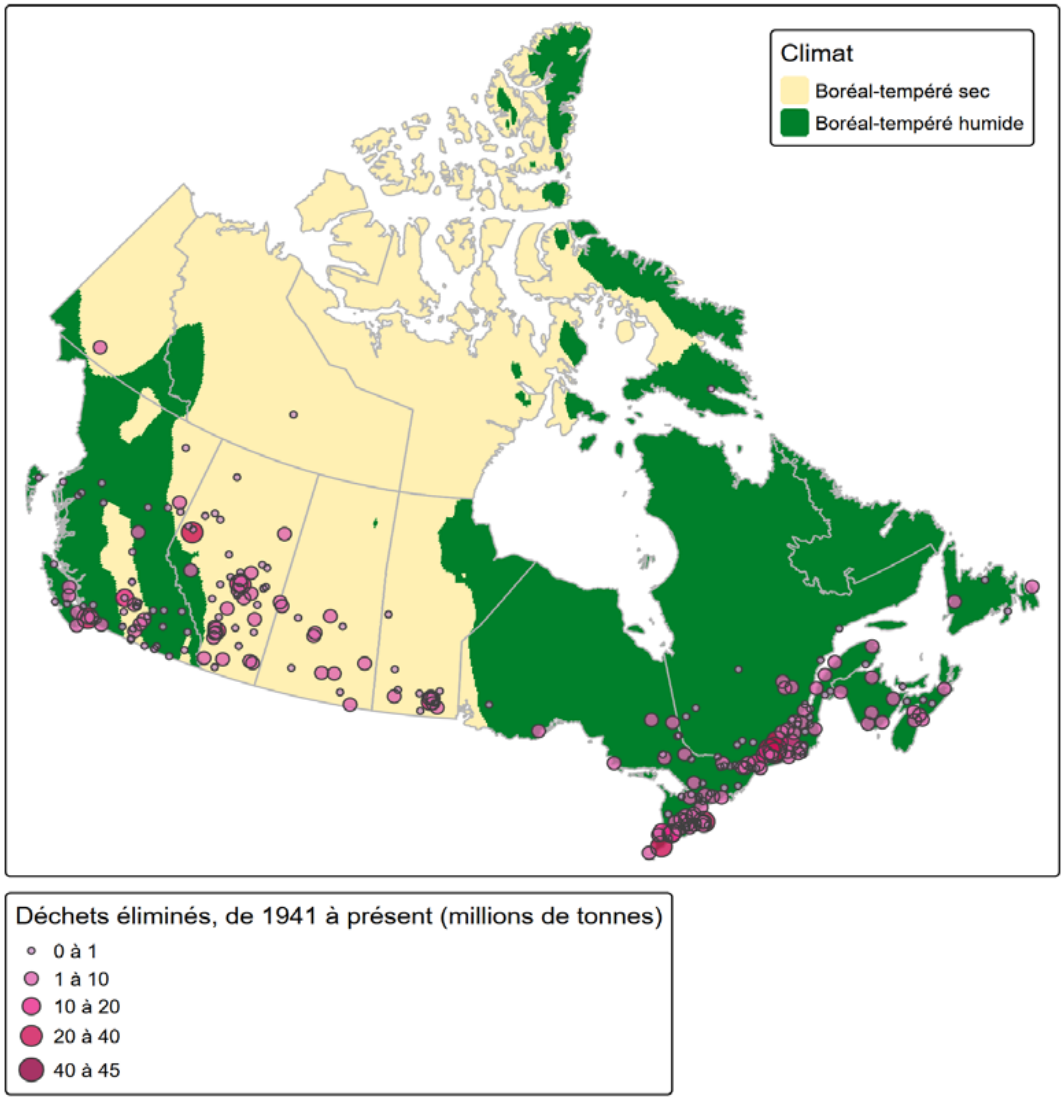


Tableau A3.6–5 **Proportion de déchets enfouis dans les régions climatiques humides ou sèches de chaque province et territoire**

Région	Boréale/Tempérée sèche	Boréale/Tempérée humide
AB	0,99	0,01
BC	0,29	0,71
MB	1	0
NB	0	1
NL	0	1
NS	0	1
NT	1	0
NU	0	1
ON	0,03	0,97
PE	0	1
QC	0	1
SK	1	0
YT	1	0

Tableau A3.6–6 **Quantité de CH_4 produit, récupéré et émis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux au Canada**

Année	CH_4 produit dans les sites d'enfouissement (kt)	CH_4 brûlé par torchage (kt)	CH_4 émis suite au torchage (kt)	CH_4 utilisé[a] (kt)	CH_4 oxydé au contact des matériaux de recouvrement (kt)	Récupération totale du CH_4 (torchage + utilisation) (kt)	CH_4 émis total (kt)
1990	844	69	0,2	56	72	125	647
1991	871	84	0,3	72	71	156	644
1992	896	105	0,3	77	71	182	643
1993	915	109	0,3	83	72	191	651
1994	938	117	0,4	87	73	203	661
1995	964	123	0,4	112	73	234	657
1996	986	111	0,3	153	72	264	650
1997	1000	88	0,3	185	73	273	655
1998	1014	81	0,2	186	75	267	673
1999	1027	75	0,2	179	77	254	696
2000	1046	78	0,2	179	79	257	710
2001	1066	118	0,4	177	77	294	695
2002	1083	122	0,4	173	79	295	709
2003	1094	136	0,4	182	78	317	699
2004	1102	152	0,5	178	77	330	694
2005	1109	162	0,5	169	78	330	701
2006	1116	151	0,5	180	78	331	706
2007	1127	168	0,5	193	77	361	689
2008	1136	167	0,5	200	77	367	693
2009	1146	223	0,7	200	72	423	651
2010	1155	239	0,7	214	70	452	632
2011	1161	244	0,7	219	70	463	628
2012	1167	248	0,7	220	70	468	630
2013	1173	233	0,7	229	71	462	641
2014	1172	211	0,6	240	72	450	649
2015	1170	194	0,6	254	72	447	651
2016	1168	195	0,6	221	75	416	678
2017	1168	200	0,6	216	75	415	678
2018	1166	203	0,6	214	75	416	675
2019	1168	211	0,6	211	75	422	671
2020	1171	223	0,7	205	74	427	669
2021	1174	221	0,7	209	75	428	671
2022	1171	230	0,7	204	74	433	664
2023	1168	239	0,7	199	73	438	657
2024	1169	239	0,7	199	73	438	658

Note :
a. Les émission de CH_4 provenant de la combustion utilisée pour produire de la chaleur et de l'énergie sont incluses dans le secteur de l'Énergie.

A3.6.1.3. Sites d’enfouissement de déchets de bois industriels

A3.6.1.3.1. Sources de données

Le calcul des estimations de déchets de bois industriels est fondé sur la quantité de matières résiduelles de bois qui est estimée être éliminée dans des sites d’enfouissement privés. Cette catégorie comprend les déchets de bois qui n’entrent pas dans les flux de gestion des déchets municipaux au Canada et ne sont donc pas pris en compte dans la composante des DSM de la catégorie de Sites d’enfouissement).

Les déchets de bois éliminés au Canada proviennent principalement de deux sources : l’industrie du bois massif (p. ex., les scieries) et l’industrie des pâtes et papiers (p. ex., la fabrication du papier). Les quantités de résidus de déchets de bois provenant de l’industrie des pâtes et papiers sont tirées d’une analyse documentaire, de consultations avec des experts de l’industrie et de données d’enquêtes préparées par le National Council for Air and Stream Improvement (NCASI, 2022). D’après les données d’études sur l’industrie des pâtes et papiers disponibles (de 2005 à 2020), l’enfouissement de résidus du secteur des pâtes et papiers se poursuit au Canada. Des estimations de quantités sont disponibles pour les déchets de bois, les cendres de chaudière, les résidus de traitement des eaux usées et d’autres sources de déchets (principalement les résidus de caustification). Des données d’activité antérieures à 2005 sont disponibles pour le Québec, et elles sont utilisées pour établir les quantités relatives de ces déchets à l’échelle nationale (la province de Québec renferme une importante partie, soit jusqu’à environ 40 %, de l’industrie nationale des pâtes et papiers). Les quantités de déchets de bois éliminés dans les autres provinces et territoires avant 2005 étaient estimées en se basant sur une extrapolation de données propres à la production liée à l’industrie des pâtes et papiers. Ces données proviennent de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [d]) et de Ressources Naturelles Canada (RNCan, 2001). Les données sur le produit intérieur brut propre à l’industrie des pâtes et papiers (accessibles dans les tableaux 36-10-0388 et 36-10-0462 de Statistique Canada) étaient utilisées afin d’estimer la répartition par province des résidus de pâtes et papiers avant 2005. Les données du produit intérieur brut de l’industrie des pâtes et papiers sont accessibles à partir de 1981. Pour les années antérieures, il est présumé que la quantité de déchets enfouis était constante à la valeur de 1981. Les estimations de quantité de déchets de l’industrie des pâtes et papiers sont déclarées en tonnes anhydres.

L’estimation des quantités de résidus de bois éliminés dans les sites d’enfouissement en provenance de l’industrie du bois massif est tirée de diverses études pour la période de 1990 à 2004 (RNCan, 1997, 1999, 2005). Il est estimé que la quantité historique de résidus de bois éliminés dans des sites d’enfouissement privés représente environ 15 % des sources de déchets de bois massif (RNCan, 1997). Particulièrement pour les scieries canadiennes (c.-à-d. l’industrie du bois massif), la demande croissante pour des applications de récupération des déchets et de transformation des déchets en énergie a entraîné la réduction des résidus de bois massif à des quantités négligeables. Ainsi, la valeur de zéro est attribuée à la quantité de déchets résiduels issus de cette industrie à partir de 2010. Pour la période antérieure à 1990, les quantités de déchets résiduels de l’industrie du bois massif sont inconnues et présumées être les mêmes qu’en 1990. Les quantités estimées de résidus de bois massif sont déclarées en tonnes anhydres, puis converties en tonnes hydratées en supposant un taux d’humidité de 20 % (Tchobanoglous et al., 1993) pour le calcul des émissions.

Les valeurs nationales pour les déchets de bois éliminés et enfouis sont indiquées dans le Tableau A3.6–7. La quantité finale estimée de déchets de bois enfouis par province est présentée dans le Tableau A3.6–8.

A3.6.1.3.2. Paramètres du modèle

Un résumé des paramètres du modèle des déchets de bois industriels est présenté dans le Tableau A3.6–9. Le calcul des émissions, pour les déchets de bois de pâtes et papiers et de bois massif, est fondé sur la méthode de la DPO, décrite précédemment. Le tableau présente les paramètres indépendants du modèle pour chacune des deux catégories de déchets de bois. Sur la base d’informations provenant d’enquêtes menées auprès de l’industrie sur les opérations des sites, le modèle présume qu’aucune technologie de captage des gaz d’enfouissement n’est en place aux sites d’enfouissement de déchets de bois industriels.

Tableau A3.6–7 **Quantité de déchets de bois industriels enfouis au Canada**

Année	Tonnes anhydres de déchets de bois enfouis					
	Pâtes et papiers				Bois massif	Total
	Déchets de bois	Cendres	Résidus de traitement des eaux usées	Autres		
1941–1969	792 247	0	54 040	173 336	0	1 019 623
1970	781 970	0	53 339	171 087	1 086 637	2 093 034
1971	773 958	0	58 471	170 497	1 086 637	2 089 564
1972	804 768	0	66 784	178 511	1 086 637	2 136 699
1973	842 859	0	76 301	188 262	1 086 637	2 194 060
1974	880 556	0	86 448	198 061	1 086 637	2 251 702
1975	697 257	0	73 860	157 940	1 086 637	2 015 694
1976	803 183	0	91 398	183 227	1 086 637	2 164 445
1977	806 192	0	98 173	185 231	1 086 637	2 176 233
1978	876 299	0	113 802	202 792	1 086 637	2 279 529
1979	891 845	0	123 144	207 889	1 086 637	2 309 515
1980	857 590	0	125 559	201 368	1 086 637	2 271 154
1981	826 677	0	128 022	195 541	1 086 637	2 236 877
1982	741 135	0	121 133	176 609	1 086 637	2 125 515
1983	816 828	0	140 618	196 103	1 086 637	2 240 186
1984	845 668	0	153 058	204 558	1 086 637	2 289 921
1985	841 598	0	159 874	205 121	1 086 637	2 293 230
1986	827 633	0	241 279	205 770	1 086 637	2 361 319
1987	807 350	0	330 519	205 315	1 086 637	2 429 821
1988	762 454	0	417 675	198 987	1 086 637	2 465 753
1989	693 091	0	493 944	186 394	1 086 637	2 460 066
1990	600 821	0	548 166	167 365	1 086 637	2 402 989
1991	547 716	0	634 929	159 092	1 030 904	2 372 641
1992	474 817	0	699 037	145 083	976 718	2 295 654
1993	479 303	0	705 640	146 454	922 531	2 253 927
1994	511 930	0	753 674	156 423	868 344	2 290 371
1995	525 963	0	774 334	160 711	814 157	2 275 166
1996	506 420	140 672	604 891	154 740	759 970	2 166 694
1997	519 802	216 584	548 680	158 829	705 784	2 149 679
1998	499 460	277 478	457 838	152 613	648 000	2 035 388
1999	295 172	368 794	387 708	441 492	597 410	2 090 576
2000	303 828	379 610	399 078	454 440	543 223	2 080 179
2001	283 367	354 045	372 203	423 837	489 037	1 922 489
2002	290 031	362 371	380 956	433 803	434 850	1 902 010
2003	294 548	368 015	386 889	440 560	380 663	1 870 675
2004	297 359	371 527	390 581	444 764	328 537	1 832 766
2005	212 865	383 290	356 119	458 846	272 289	1 683 409
2006	162 713	413 654	355 937	444 300	218 103	1 594 706
2007	112 560	444 018	355 755	429 754	163 916	1 506 003
2008	102 754	433 984	339 407	426 589	109 729	1 412 464
2009	92 949	423 951	323 059	423 425	55 542	1 318 926
2010	83 143	413 917	306 711	420 260	1 355	1 225 387
2011	73 337	403 884	290 364	417 096	0	1 184 680
2012	63 531	393 850	274 016	413 931	0	1 145 328
2013	53 726	383 817	257 668	410 767	0	1 105 977
2014	43 920	373 783	241 320	407 602	0	1 066 625
2015	48 858	330 040	200 112	381 063	0	960 073
2016	53 796	286 297	158 903	354 524	0	853 520
2017	77 087	306 149	182 239	398 964	0	964 437
2018	100 377	326 000	205 574	443 403	0	1 075 354
2019	70 374	294 175	164 769	419 065	0	948 383
2020	40 371	262 349	123 964	394 727	0	821 411
2021	39 140	245 100	163 275	389 130	0	836 645
2022	37 909	227 851	202 586	383 533	0	851 879
2023	37 909	227 851	202 586	383 533	0	851 879
2024	37 909	227 851	202 586	383 533	0	851 879

Note : Lorsque les données n'étaient pas disponibles, une interpolation linéaire a été réalisée entre les points de données.

Tableau A3.6–8 **Déchets de bois enfouis par province (tonnes anhydres)**

Année	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	330 426	1 093 530	21 596	86 036	50 139	29 269	341 971	277	602 611	118 794
1991	323 097	1 059 992	21 386	86 752	49 665	28 366	340 273	263	602 089	118 485
1992	311 055	1 015 860	20 723	84 826	48 131	27 182	330 526	249	586 052	115 229
1993	302 663	980 287	20 401	84 848	47 394	26 226	326 791	235	581 547	114 168
1994	302 364	963 687	20 835	89 184	48 421	25 773	336 386	221	602 611	117 974
1995	296 718	934 551	20 769	90 670	48 283	24 988	337 174	207	606 781	118 564
1996	281 417	882 777	19 802	87 006	46 039	23 601	322 057	194	580 446	113 347
1997	275 584	853 202	19 719	88 392	45 859	22 804	322 536	180	584 024	113 825
1998	285 033	620 806	21 477	116 926	24 554	20 168	301 762	0	697 773	108 888
1999	273 218	639 107	23 622	130 138	31 423	26 966	307 058	0	699 506	108 890
2000	261 416	637 110	24 272	124 825	34 769	20 916	324 825	42	685 593	102 216
2001	238 250	573 435	35 145	106 515	22 687	24 004	287 005	41	660 899	96 767
2002	221 588	564 121	26 617	114 788	28 226	19 611	286 014	40	642 484	107 233
2003	213 777	527 419	24 245	130 009	26 786	19 391	287 496	0	611 177	125 541
2004	197 084	598 032	20 044	143 178	29 992	23 549	280 282	0	439 261	183 478
2005	190 105	539 392	20 083	72 724	27 416	23 712	244 358	0	486 847	146 845
2006	199 671	543 677	22 402	73 073	31 874	15 597	225 236	0	514 296	23 407
2007	156 921	485 533	20 862	80 339	31 436	21 835	222 847	0	507 038	20 171
2008	163 704	446 612	21 882	66 986	33 129	21 561	209 297	0	468 494	8 230
2009	168 085	389 507	18 600	66 241	18 169	19 409	183 864	0	449 726	19 212
2010	168 840	354 289	10 727	69 429	11 193	19 702	170 589	0	406 400	14 557
2011	158 537	377 739	11 404	63 290	10 753	16 608	152 602	0	382 534	11 213
2012	164 691	379 951	12 405	61 896	10 771	9 861	128 512	0	365 358	11 884
2013	180 287	368 352	13 830	62 554	10 329	14 424	114 014	0	327 652	14 534
2014	166 281	389 543	13 065	52 629	11 582	11 180	111 947	0	296 175	14 224
2015	159 753	358 821	11 322	49 256	8 579	9 881	97 952	0	253 292	11 218
2016	151 638	317 371	10 345	44 999	6 656	7 921	88 975	0	209 461	16 154
2017	159 252	353 344	12 852	50 622	7 327	9 161	105 842	0	245 577	20 461
2018	173 429	379 061	17 343	54 517	8 004	10 063	122 897	0	286 780	23 260
2019	163 699	347 228	15 838	47 840	6 258	10 506	102 125	0	234 160	20 729
2020	157 624	299 233	17 320	41 800	4 535	5 987	89 370	0	184 367	21 176
2021	180 157	276 737	22 030	43 364	6 754	6 975	92 707	0	194 124	13 797
2022	181 214	261 265	27 524	45 480	7 953	8 543	88 085	0	212 160	19 656
2023	185 722	252 650	30 976	46 248	7 597	6 402	79 440	0	222 534	20 310
2024	191 891	247 458	31 659	52 996	6 515	8 194	64 391	0	230 125	18 649

Tableau A3.6–9 **Résumé des paramètres d'entrée du modèle d'enfouissement des déchets de bois**

Type de déchet		Paramètre	Valeur	Fondement
Pâtes et papiers	Tous	Facteur d'oxydation (OX)	0,1	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les sites couverts d'un matériau oxydant; cohérente avec l'étude de 2022 par le NCASI
		Facteur de correction du méthane (FCM)	1	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les sites gérés (anaérobie), cohérente avec l'étude de 2022 par le NCASI
		Fraction de méthane dans les gaz d'enfouissement (F)	0,5	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut
	Déchets de bois	COD_f	0,1	GIEC, 2019 – valeur pour les déchets les moins décomposables (bois/produits en bois d'ingénierie)
		k (année^{-1})	0,03	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut pour le bois (déchet à dégradation lente), Tableau 3.3, climat humide
		COD	0,5	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les résidus de déchets de bois (Tableau 2.4) – fondée sur le poids sec
	Cendres	COD_f	0	Présumé inerte (contenu en carbone organique dégradable négligeable)
		k (année^{-1})	0	
		COD	0	
	Traitement des eaux usées	COD_f	0,1	GIEC, 2019 – valeur pour les déchets les moins décomposables (bois/produits en bois d'ingénierie)
		k (année^{-1})	0,03	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut pour le bois (déchets à dégradation lente), Tableau 3.3, climat humide
		COD	0,44	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les résidus de traitement des eaux usées issues des pâtes et papiers (Tableau 2.5) – converti en poids sec
	Autres (résidus de caustification)	COD_f	0	Analyse réalisée par Lavallée (1996)
		k (année^{-1})	0	
		COD	0	
Déchets de bois massif		Facteur d'oxydation (OX)	0	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les sites d'enfouissement non couverts
		Facteur de correction du méthane (FCM)	0,8	GIEC, 2006 – valeur par défaut pour les sites d'enfouissement profonds non gérés
		Fraction de méthane dans les gaz d'enfouissement (F)	0,5	GIEC, 2006/2019 (valeur par défaut)
		COD_f	0,1	GIEC, 2019 – valeur pour les déchets les moins décomposables (bois/produits de bois d'ingénierie)
		k (année^{-1})	0,03	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut pour le bois (déchets à dégradation lente), Tableau 3.3, climat humide
		COD	0,43	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les résidus de traitement des eaux usées issues des pâtes et papiers (Tableau 2.5) – fondé sur le poids sec

A3.6.2. Traitement biologique des déchets solides (5.B)

La catégorie du traitement biologique des déchets solides comprend les deux sources d'émissions suivantes : le compostage et la digestion anaérobie.

A3.6.2.1. Compostage (5.B.1)

Les estimations des émissions de gaz à effet de serre provenant du compostage au Canada comprennent le CH_4 et le N_2O. Comme les émissions de CO_2 libérées par le compostage résultent de la décomposition de matières organiques provenant de sources de biomasse, ces émissions ne sont pas incluses dans le total national.

A3.6.2.1.1. Méthodologie

Une méthode de Niveau 3 est utilisée pour estimer les émissions provenant des installations de compostage. Des coefficients d'émission propres aux matières premières établis par l'entremise d'une revue de la littérature ont été appliqués pour le compost traité, comme le montrent les Équation A3.6–7 et Équation A3.6–8. Les émissions sont calculées à l'échelle des installations et combinées pour créer des estimations des émissions aux échelles provinciales et nationales.

Équation A3.6–7 **Émissions de CH_4 attribuables au compostage**

$$\boldsymbol{Émissions\ de\ CH_4} = \sum_i (\boldsymbol{M_i} \cdot \boldsymbol{CE_i}) \cdot \mathbf{10^{-3}}$$

$\boldsymbol{Émissions\ de\ CH_4}$ = total des émissions de CH_4 de l'année d'inventaire, Gg CH_4
$\boldsymbol{M_i}$ = masse de déchets organiques humides traités par type i, Gg
$\boldsymbol{CE}$ = coefficient d'émission pour le traitement i, g CH_4/kg déchets traités par type de déchets
$\boldsymbol{i}$ = compostage de matières premières à l'installation

Les coefficients d'émission pour diverses matières premières incluent les déchets de jardin (1,72 g/kg), les DSM (1,51 g/kg), les biosolides/le fumier (3,54 g/kg) et un mélange des déchets susmentionnés co-compostés (1,09 g/kg) en fonction du poids humide (ECCC, 2020a).

Équation A3.6–8 **Émissions de N_2O attribuables au compostage**

$$\textit{Émissions de } N_2O = \sum_i (M_i \cdot CE_i) \cdot 10^{-3}$$

$\textit{Émissions de } N_2O$	=	total des émissions de N_2O de l'année d'inventaire, Gg N_2O
M_i	=	masse de déchets organiques humides traités par type i, Gg
CE	=	coefficient d'émission pour le traitement i, g N_2O/kg déchets traités par type de déchets
i	=	compostage de matières premières à l'installation

Les coefficients d'émission pour diverses matières premières incluent les déchets de jardin (0,25 g/kg), les DSM (0,18 g/kg), les biosolides/le fumier (0,18 g/kg) et un mélange des déchets susmentionnés co-compostés (0,11 g/kg) en fonction du poids humide (ECCC, 2020b).

A3.6.2.1.2. Sources de données

Les données sur les activités utilisées pour estimer les émissions de CH_4 et de N_2O provenant du compostage sont fondées sur des renseignements sur les installations commerciales et municipales recueillies à l'aide d'enquêtes menées par l'industrie (à compter de 1992), de rapports techniques et de sites Web d'installations. Pour remédier au manque de données provenant des installations, les données des années précédentes ont été reportées aux années pour lesquelles des données étaient manquantes, les années 1990 et 1991 ayant été jugées égales aux résultats de l'enquête de 1992.

A3.6.2.1.3. Compostage des déchets résidentiels

Les émissions des GES provenant du compostage domestique de déchets organiques sont estimées selon les méthodes de Niveau 1 du GIEC, et ce, en utilisant la quantité de déchets résidentiels éliminés dans les bacs ou en piles de recyclages ou les coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O provenant des données issues de la documentation. La quantité de déchets organiques éliminés en contexte résidentiel au moyen de bacs ou de piles de compostage extérieurs est calculée comme le produit du poids de compost par ménage (3 kg par semaine, comme suggéré par Andersen et coll., 2011) et du nombre de ménages canadiens participant au compostage domestique (25 % de 2007 à aujourd'hui et 20 % avant 2007), selon l'Enquête sur les ménages et l'environnement (EME) réalisée par Statistique Canada.

Selon l'EME, le compostage domestique est pratiqué en moyenne 10 mois par an au Canada (Statistique Canada, s.d. [e]). Pour en tenir compte, un coefficient multiplicateur de 10/12 est appliqué aux estimations d'émission. Il a été supposé qu'en raison du climat plus froid des territoires, le compostage est peu répandu. Les émissions pour ces régions sont donc considérées comme négligeables.

Les coefficients d'émission du CH_4 (4,2 kg de CH_4 par tonne de déchets humides) et du N_2O (0,55 kg de N_2O par tonne de déchets humides) provenaient des données issues de la documentation (Andersen et al., 2011).

En utilisant le poids annuel des déchets résidentiels compostés à domicile et les coefficients d'émission détaillés ci-dessus, les émissions de CH_4 et de N_2O ont été calculées à l'aide de l'Équation A3.6–7 et l'Équation A3.6–8.

A3.6.2.2. Digestion anaérobie aux installations de biogaz (5.B.2)

Le méthane est le seul gaz à effet de serre pris en compte en ce qui concerne la digestion anaérobie des déchets solides au Canada. Les émissions de N_2O provenant de la digestion anaérobie sont considérées comme étant négligeables conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et, par conséquent, ne sont pas estimées pour ce secteur. Comme les émissions de CO_2 libérées par la digestion anaérobie découlent de la décomposition de matières organiques de sources de biomasse, ces émissions ne sont pas incluses dans le total national.

A3.6.2.2.1. Méthodologie

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la digestion anaérobie des déchets solides dans les installations de biogaz sont estimées pour le Canada à l'aide d'une méthode de Niveau 3. La méthode de Niveau 3 comprend la détermination de la composante de CH_4 du biogaz à l'échelle des installations, dont une part est perdue sur place par des fuites du système. La perte associée aux fuites sur place du système est calculée à 2,1 % du CH_4 dans le biogaz produit. Cette valeur a été établie en compilant les pertes tirées de la documentation primaire et des données d'enquêtes associées aux digesteurs municipaux, industriels et d'eaux usées (ECCC, 2020c). Les pertes provenant de la valorisation et de la combustion incomplète du biogaz ne sont pas incluses dans la perte associée aux fuites sur place. Les pertes associées à l'évacuation ne sont pas déclarées, étant donné que l'évacuation n'est pas fréquente et ne fait pas partie des opérations régulières au Canada; ces émissions sont jugées négligeables. Les émissions sont calculées à l'aide de l'Équation A3.6–9.

Équation A3.6–9 **Émissions de CH_4 provenant de la digestion anaérobie**

$$\textit{Émissions de } CH4 = \sum_i ((B_i \cdot M) \cdot CE) \cdot (D) \cdot 10^{-3}$$

$\textit{Émissions de } CH_4$	=	total des émissions de CH_4 de l'année d'inventaire, Gg
B_i	=	production de biogaz par i, m^3
D	=	densité du CH_4 dans des conditions normales de température et de pression
M	=	contenu moyen de CH_4 dans le biogaz des installations visées par l'inventaire
CE	=	coefficient d'émission pour le traitement i, comme pourcentage de la quantité totale de CH_4 dans le biogaz produit qui est perdue en raison de fuites sur place
i	=	installation i

A3.6.2.2.2. Sources de données

Les données sur les activités sont fondées sur la production de biogaz à l'échelle des installations déclarée à l'aide d'enquêtes internes et menées par l'industrie. En l'absence de données déclarées par les installations pour la production de biogaz, un facteur de conversion par type de matière première est utilisé pour générer la production de biogaz à partir de l'apport initial de matières premières. Seules les installations municipales et industrielles de digestion anaérobie sont déclarées dans la catégorie 5.B.2, tandis que les digesteurs anaérobies d'eaux usées sont déclarés dans la catégorie 5.D des TCD. Pour l'instant, les digesteurs anaérobies sur les fermes ne sont pas compris dans notre inventaire canadien, mais seront inclus dans les inventaires futurs.

A3.6.3. Incinération et combustion à l'air libre de déchets (5.C)

L'incinération des déchets est définie dans les Lignes directrices 2006 du GIEC comme étant la combustion de déchets solides et liquides dans des installations d'incinération contrôlées. Au Canada, les émissions liées à l'incinération proviennent de l'incinération des DSM, déchets dangereux, déchets médicaux et boues d'épuration. La combustion à l'air libre des déchets comprend la combustion des ordures dans des barils ou des fosses à l'air libre. Cette section de l'Annexe 3 détaille les méthodes comptables utilisées pour décrire les estimations des émissions de GES pour ces catégories.

Conformément à ce qu'énoncent les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), seules les émissions de CO_2 résultant de l'oxydation du carbone dans les déchets d'origine fossile (p. ex., plastiques, certains textiles, caoutchoucs, solvants liquides et huiles usées) sont considérées comme des émissions nettes et sont incluses dans l'estimation nationale des émissions de CO_2. Celles provenant de la combustion de matières issues de la biomasse (p. ex., papier, aliments et déchets de bois) contenue dans les déchets sont des émissions biogènes et ne sont pas incluses dans les estimations des émissions totales nationales.

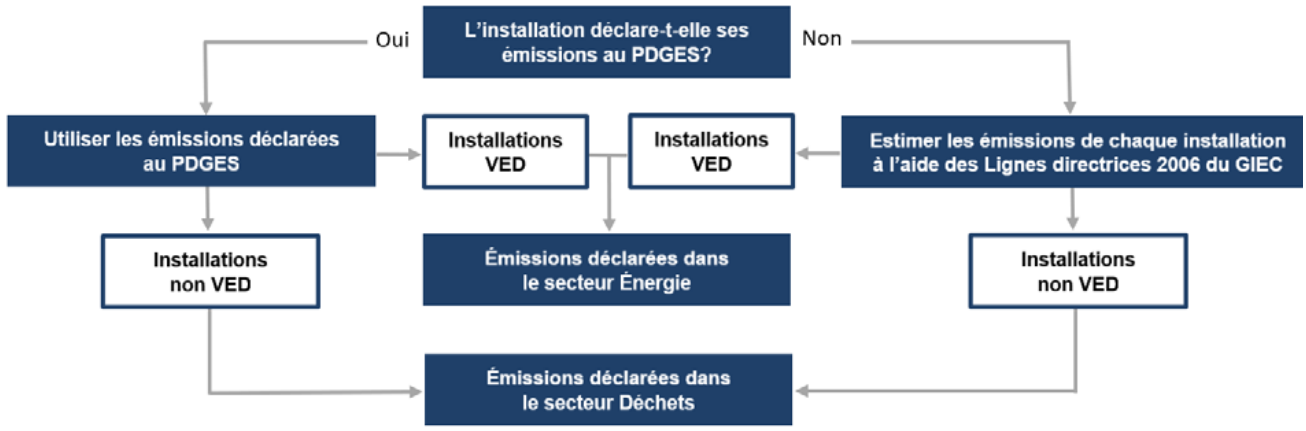
L'incinération des déchets permet à certaines installations de produire de l'énergie sous forme d'électricité ou de chaleur. Ces installations favorisent la valorisation énergétique des déchets (VED). D'autres installations vont simplement incinérer les déchets pour les éliminer. Ce sont des installations sans valorisation énergétique des déchets (non VED). Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les émissions issues de l'incinération à récupération d'énergie sont déclarées dans le secteur Énergie, tandis que les émissions issues de l'incinération des déchets sans récupération d'énergie sont déclarées dans le secteur Déchets. La section suivante porte sur la méthodologie utilisée pour tous les incinérateurs, bien que les émissions finales soient déclarées dans le secteur approprié (Figure A3.6–3).

Le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) inclut une couverture considérable du secteur de l'incinération dans les dernières années. Au fil du temps, les pratiques liées à l'incinération ont changé, passant de nombreuses petites installations traitant des déchets sur place, à de grandes installations centrales spécialisées qui traitent des déchets envoyés par l'ensemble des provinces. Pour les émissions non couvertes par le PDGES, une méthode d'estimation des émissions propres à l'installation a été élaborée au moyen des meilleures données disponibles.

Certaines installations au Canada brûlent des déchets provenant de multiples sources. Par exemple, les déchets médicaux sont souvent brûlés conjointement avec les déchets solides municipaux. Les émissions provenant d'installations qui traitent plus d'un type de déchets ont été calculées conformément au type de déchets particuliers, mais sont déclarées dans le principal secteur des déchets des installations. Par conséquent, si une installation traite de petites quantités de déchets médicaux de même que des déchets solides municipaux, elle est considérée comme étant une installation de DSM et les émissions associées aux déchets médicaux seront déclarées dans la catégorie des DSM.

Dans le RIN 2026, la combustion à l'air libre des déchets résidentiels est désormais incluse dans les estimations d'émission, comme détaillé dans cette section.

Figure A3.6–3 **Arbre décisionnel permettant de recueillir, d'estimer et de déclarer les émissions de GES produites par les installations d'incinération**



Note :
VED = valorisation énergétique des déchets

A3.6.3.1. Sources de données

Quantité (en tonnes) de déchets incinérés

La quantité totale de déchets incinérés est utilisée pour les installations qui ne déclarent pas au PDGES. Il est important de noter que ces données sont utilisées pour déduire la quantité de déchets enfouis au Canada à partir de la quantité de déchets éliminés, tel que mentionné à la section A3.6.1.2.2. Par conséquent, même lorsqu'une installation déclare le total de ses émissions de GES au PDGES, la quantité annuelle de déchets incinérés (en tonnes) est quand même recueillie. La quantité de déchets incinérés dans des installations partout au Canada est obtenue à l'aide de sondages biennaux à participation facultative menés auprès des installations d'incinération par ECCC. L'enquête a permis de recueillir des données aux deux ans depuis 2008.

Des sources de données supplémentaires sont utilisées pour les installations non compris dans l'enquête, à cause de non-réponse ou, car l'installation a arrêté ses activités avant la première enquête réalisée. La quantité en tonnes est estimée à l'aide de valeurs historiques déclarées (Sawell et al., 1996; Environnement Canada, 1999; Environnement Canada, 2003). D'autres sources comprennent des rapports d'étape préparés par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) sur les questions liées aux émissions de dioxines, de furanes et de mercure, puisque l'incinération des déchets médicaux était auparavant une source importante de ces polluants (CCME, 2006, 2007 et 2010). Un rapport sur l'incinération des déchets solides au Canada préparé par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (Environnement Canada, 2003b) a aussi été utilisé. Les quantités de matières incinérées au Canada sont présentées dans le Tableau A3.6–10.

Lorsque la série chronologique pour la quantité de déchets incinérés n'est pas complète pendant la durée de l'exploitation d'une installation, les données de l'année la plus proche sont utilisées, qu'elles soient reportées avant l'année manquante ou après. Les installations du secteur de l'incinération des déchets médicaux sont traitées légèrement différemment, étant donné qu'il était courant d'avoir de petits incinérateurs dans les hôpitaux. Au fil du temps, des provinces ont connu d'importantes fermetures de leurs petits incinérateurs d'hôpitaux et sont passées à l'envoi des déchets à des installations centrales spécialisées. Les points de données manquants pour ces petits incinérateurs d'hôpitaux sont estimés par interpolation à l'aide des chiffres sur la population provinciale.

Le contenu des DSM incinérés comprend du papier, du verre, du métal, du plastique, des déchets alimentaires, des déchets de jardin, des textiles, du caoutchouc, du bois et d'autres matières. Les types de déchets médicaux incinérés au Canada comprennent les déchets cytotoxiques, anatomiques d'origine humaine ou animale, et pharmaceutiques (Stericycle, 2014). Les déchets dangereux incinérés comprennent des substrats contaminés, comme la terre, le bois, les métaux et d'autres matériaux. Les quantités de déchets dangereux peuvent également inclure des déchets inorganiques, tels que des solutions aqueuses contenant des métaux lourds ou des déchets comme des uréthanes à base d'eau, par opposition aux déchets d'uréthane à base de solvants qui ont une teneur élevée en carbone d'origine fossile. L'incinération de boues d'épuration est l'incinération de biosolides provenant du traitement des eaux usées municipales.

Tableau A3.6–10 **Estimation en tonnes des déchets incinérés par source de déchets**

Année	Installations non VED				Installations VED
	DSM	Déchets médicaux	Déchets dangereux	Boues d'épuration	
1990	208 545	3 196	100 762	128 402	1 020 519
1991	208 583	3 209	109 111	137 078	1 009 863
1992	210 428	3 225	117 879	143 981	1 178 827
1993	210 233	4 794	125 109	151 667	1 064 215
1994	209 967	4 804	142 050	167 608	885 648
1995	209 354	4 816	164 727	167 607	887 873
1996	209 897	4 823	146 125	185 416	908 183
1997	122 987	4 825	129 348	178 303	907 120
1998	114 743	2 899	155 511	176 812	910 888
1999	100 474	2 902	139 420	186 514	942 739
2000	100 318	2 989	168 379	184 922	904 194
2001	100 257	3 778	179 525	189 282	892 832
2002	100 078	3 902	184 845	202 889	908 266
2003	98 485	3 859	144 036	192 192	778 658
2004	86 844	4 459	161 891	191 371	799 166
2005	73 316	4 936	160 688	188 248	791 650
2006	73 665	5 296	147 775	191 540	802 500
2007	73 218	5 158	134 854	190 014	752 336
2008	70 085	3 196	147 870	190 919	760 567
2009	52 893	3 346	133 780	192 681	748 577
2010	42 343	2 843	138 685	193 360	695 870
2011	30 652	3 363	131 024	207 415	784 768
2012	34 607	2 966	87 251	201 506	778 739
2013	27 000	3 213	91 979	200 373	777 303
2014	22 450	3 177	110 371	208 007	756 748
2015	19 707	3 054	125 736	215 471	805 802
2016	22 140	3 272	120 347	205 403	854 528
2017	23 334	3 380	121 838	201 599	881 407
2018	23 318	3 229	115 950	206 725	866 623
2019	21 958	2 871	116 615	215 480	860 908
2020	19 866	2 850	113 167	197 642	866 314
2021	20 829	3 124	101 870	197 026	857 975
2022	21 461	3 056	90 794	198 403	842 901
2023	22 181	2 787	85 702	204 865	851 159
2024	22 181	2 795	85 702	204 865	850 897

Notes :
DSM = déchets solides municipaux
VED = valorisation énergétique des déchets

A3.6.3.1.1. Méthodologie

Les estimations des émissions sont compilées à l'échelle de l'installation, et les installations VED sont séparées des installations non VED. Si les données sur les émissions du PDGES sont disponibles, elles sont utilisées. Sinon, les émissions propres à une installation sont estimées à l'aide des méthodes prescrites dans les Lignes directrices 2006 du GIEC.

Installations soumettant une déclaration au PDGES

Les données du PDGES sur les installations sont disponibles pour chaque année depuis 2004, bien que la plupart des grands incinérateurs aient commencé à déclarer leurs émissions en 2009. Si une installation était en activité avant 2009, la série chronologique pour les émissions est complétée en supposant que la quantité incinérée est en corrélation directe avec la quantité d'émissions. La méthode des données de substitution prescrite dans le Volume 1, Chapitre 5.3.3.2, des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisée pour combler le manque de données dans la série chronologique des émissions. Cette méthode fait appel à la quantité de déchets incinérés annuellement par l'installation, laquelle est obtenue par des enquêtes ou des déclarations, ainsi qu'aux données du PDGES pour toutes les années disponibles.

Il est à noter que les lignes directrices sur la déclaration au PDGES exigent que les émissions de CO_2 déclarées par l'installation proviennent uniquement des déchets d'origine fossile (p. ex., plastiques, certains textiles, caoutchoucs, solvants liquides et huiles usées). Les émissions de CO_2 produites par la partie biogène des déchets (p. ex., aliments, bois, résidus de jardin) sont exclues du total des émissions.

Installations non déclarantes

Un grand nombre d'incinérateurs soit ont mis fin à leurs activités avant la création du PDGES, soit produisaient une quantité d'émissions inférieure au seuil de déclaration. Bon nombre de ces installations classées dans la catégorie des DSM étaient de petits incinérateurs situés à Terre-Neuve-et-Labrador, mais certaines étaient plus grandes, comme en Ontario, au Québec, en Colombie-Britannique et en Alberta. Les estimations pour ces installations ont été calculées à l'aide des Lignes directrices 2006 du GIEC et des meilleurs paramètres disponibles pour chaque installation.

Émissions de CO_2

Les émissions de CO_2 issues de l'incinération des DSM sont estimées à l'aide de la méthode du bilan massique représentée par l'Équation A3.6–10, qui est équivalente à l'Équation 5.2 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Lorsqu'elles étaient disponibles, les données sur la caractérisation des déchets propres à une installation étaient utilisées pour déterminer les différentes matières composant les DSM incinérés (le facteur « FD_j » dans l'Équation A3.6–10). Lorsqu'elles n'étaient pas disponibles, les données provinciales sur la caractérisation étaient tirées du rapport d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996). Ce rapport contient les données sur la caractérisation pour les volets VED et non VED de l'incinération des déchets. Le Tableau A3.6–11 contient les facteurs par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC qui ont été utilisés pour déterminer les émissions de CO_2 provenant de chaque type de déchets incinérés. Les valeurs par défaut de 60 % ont été employées pour le carbone total (pourcentage du poids sec) et de 40 % pour le carbone d'origine fossile en pourcentage du carbone total pour les déchets médicaux. Des teneurs en carbone de 50 % et en carbone d'origine fossile de 90 % ont été utilisées pour les déchets dangereux. Ces valeurs sont tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Un facteur par défaut de 1 est utilisé comme facteur d'oxydation (FO) pour tous les types de déchets et d'installations.

Équation A3.6–10 **(modifiée d'après l'Équation 5.2 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$\textit{Émissions de } CO_2 = \textit{Déchets} \times \sum(FD_j \times ms_j \times FC_j \times FCF_j \times FO) \times 44/12$$

$\textit{Émissions de } CO_2$	=	total des émissions de CO_2 de l'année d'inventaire
$\textit{Déchets}$	=	quantité totale de déchets incinérés
J	=	composant de DSM incinérés : papier/carton, textiles, résidus alimentaires, bois, plastique, résidus de jardin, métaux, verre, etc.
FD_j	=	fraction du type de déchets/matière j dans la quantité totale de DSM incinérés
ms_j	=	teneur en matière sèche du composant j dans la quantité totale de DSM incinérés
FC_j	=	fraction de carbone dans la matière sèche (c.-à-d. teneur en carbone) du composant j
FCF_j	=	fraction de carbone d'origine fossile dans la quantité totale de carbone dans le composant j
FO	=	facteur d'oxydation
$44/12$	=	facteur de conversion de C en CO_2

Tableau A3.6–11 **Coefficients par défaut utilisés dans l'Équation A3.6–10 pour déterminer les émissions de CO_2 provenant de l'incinération**

Type de déchets	Contenu en matière sèche (% du poids humide)	Carbone total (% du poids sec)	Carbone d'origine fossile (% du carbone total)
Papier	90	46	1
Textiles	80	50	20
Déchets alimentaires	40	38	0
Bois	85	50	0
Déchets de jardin	40	49	0
Couches	40	70	10
Caoutchouc	84	67	20
Plastique	100	75	100
Métal	100	0	0
Verre	100	0	0
Autres DSM[a]	100	34	35
Déchets médicaux	65	60	40
Déchets dangereux	100	50	90
Boues d'épuration	100	45	0
Matières organiques[b]	40	44	0
Matières inorganiques	100	3	100
Déchets liquides d'origine fossile	100	80	100
Solvants	100	80	80
Déchets de bois industriels	85	41	1
Boues industrielles	100	50	90
Autres déchets industriels	100	50	90

Notes :
a. Un grand nombre d'installations déclarent d'« autres » déchets, sans indiquer ce que cela inclut. On utilise donc dans ce cas une moyenne des textiles, des déchets alimentaires, des déchets de jardin, du caoutchouc et des déchets inertes. Il convient de noter que le papier et le plastique sont toujours caractérisés séparément et ne sont pas intégrés dans les paramètres « autres ».
b. Dans les cas où la caractérisation des déchets d'installations comprend les matières organiques en général, les paramètres propres aux matières organiques sont utilisés. Si l'installation fait la distinction entre les déchets alimentaires et les déchets de jardin, ces coefficients particuliers sont utilisés.

Émissions de CH_4

La quantité d'émissions de CH_4 produites par l'incinération est déterminée pour chaque installation à l'aide de coefficients d'émission par défaut provenant des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les coefficients d'émission sont multipliés par la quantité annuelle totale de déchets incinérés à l'installation (Équation A3.6–11). Les coefficients d'émission varient selon la manière dont l'incinérateur est alimenté (incinération continue, semi-continue ou par lot) et le type d'incinérateur (fourneau mécanique ou lit fluidisé). Le coefficient d'émission le plus approprié pour chaque installation a été choisi. En l'absence de coefficient d'émissions par défaut du GIEC pour les déchets dangereux, les coefficients d'émission de CH_4 sont établis d'après les données d'une installation d'incinération de déchets dangereux ayant fourni des émissions totales sur la base de mesures directes pour l'année 2007. Le site a brûlé 177 tonnes de déchets dangereux et émis 0,03 tonne de CH_4. Ainsi, le coefficient d'émission de 169 g CH_4/tonnes de déchets dangereux a été déterminé. Les émissions de CH_4 des boues d'épuration sont estimées à l'aide du coefficient d'émission de 9,7 kg/kt du total des solides séchés pour les incinérateurs de boues à lit fluidisé, obtenu auprès de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (U.S. EPA, 1995). Les émissions de CH_4 provenant de l'incinération des boues d'épuration dépendent de la quantité de solides séchés incinérés. Pour calculer les émissions de CH_4, la quantité de solides séchés incinérés est multipliée par un coefficient d'émission approprié.

Équation A3.6–11 **(modifiée d'après l'Équation 5.4 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$\textit{Émissions de } CH_4 = \sum (D_f \times CE_f)$$

$\textit{Émissions de } CH_4$ = émissions de CH_4 provenant de l'incinération des déchets produits pendant l'année d'inventaire
D_f = quantité totale de déchets incinérés à l'installation f
CE_f = coefficient d'émission le plus approprié pour l'installation f

Émissions de N_2O

Comme pour les émissions de CH_4, la quantité d'émissions de N_2O produites par l'incinération est déterminée pour chaque installation à l'aide de coefficients d'émission par défaut provenant des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les coefficients d'émission sont multipliés par la quantité totale annuelle de déchets incinérés par l'installation (Équation A3.6–12). Les coefficients d'émission varient selon le type de matières premières de l'incinérateur (incinération continue, semi-continue et par lot). Les coefficients d'émission par défaut pour les déchets solides ont été utilisés conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000) étant donné qu'aucune valeur propre aux déchets médicaux n'a été fournie. Les émissions de N_2O pour un site donné ont donc été calculées à l'aide des coefficients d'émission par défaut pour les incinérateurs (fourneau mécanique) fonctionnant de manière continue (50 g N_2O/t déchets incinérés) et pour ceux fonctionnant par lot (60 g N_2O/t déchets incinérés), tirés du GIEC (2006). Les émissions de N_2O provenant de l'incinération des boues d'épuration ont été mises à jour en utilisant le coefficient d'émission par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC, soit 0,99 kg/t de boues d'épuration séchées incinérées (GIEC, 2006). Les coefficients d'émission de N_2O associé aux déchets dangereux ont été calculés à l'aide de la même méthode que pour le CH_4. Les mesures directes de 0,56 tonne de N_2O pour 177 tonnes de déchets dangereux brûlés en 2007 résultent en un coefficient d'émission de 3 164 g N_2O/tonne de déchets dangereux.

Il est à noter que bien que les Lignes directrices 2006 du GIEC fournissent un coefficient d'émission pour les incinérateurs de DSM à combustion à l'air libre, il est présumé qu'aucune installation d'incinération de DSM ne pratique la combustion à l'air libre au Canada. Le coefficient d'émission le plus approprié pour chaque installation a été choisi.

Équation A3.6–12 **(modifiée d'après l'Équation 5.5 des Lignes directrices 2006 du GIEC)**

$$\textit{Émissions de } N_2O = \sum(D_f \times CE_f)$$

$\textit{Émissions de } N_2O$ = émissions de N_2O provenant de l'incinération de DSM produits pendant l'année d'inventaire
D_f = quantité totale de DSM incinérés à l'installation f
CE_f = coefficient d'émission le plus approprié pour l'installation f

La liste complète des coefficients d'émission utilisés se trouve dans le Tableau A3.6–12.

Tableau A3.6–12 **Coefficients d'émission de N_2O et de CH_4 par défaut pour les installations d'incinération**

Type de déchet	Type d'alimentation	Type d'incinérateur	Coefficient d'émission de CH_4 (g/t)	Coefficient d'émission de N_2O (g/t)
Déchets solides municipaux	Continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00
Déchets solides municipaux	Continue	Lit fluidisé	0,00	50,00
Déchets solides municipaux	Semi-continue	Fourneau mécanique	6,00	50,00
Déchets solides municipaux	Semi-continue	Lit fluidisé	188,00	50,00
Déchets solides municipaux	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	60,00
Déchets solides municipaux	Par lot	Lit fluidisé	237,00	60,00
Déchets dangereux	Continue	Fourneau mécanique	169,49	3 163,84
Déchets dangereux	Par lot	Fourneau mécanique	169,49	3 163,84
Boues d'épuration	Continue	Lit fluidisé	9,70	990,00
Boues d'épuration	Continue	Fourneau mécanique	9,70	990,00
Déchets médicaux	Continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00
Déchets médicaux	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	60,00
Déchets médicaux	Semi-continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00
Autres boues	Continue	Fourneau mécanique	0,20	450,00
Autres boues	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	450,00
Déchets liquides d'origine fossile	Continue	Fourneau mécanique	0,20	100,00
Déchets liquides d'origine fossile	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	100,00
Déchets industriels	Continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00
Déchets industriels	Continue	Lit fluidisé	0,00	50,00
Déchets industriels	Semi-continue	Fourneau mécanique	6,00	50,00
Déchets industriels	Semi-continue	Lit fluidisé	188,00	50,00
Déchets industriels	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	60,00
Déchets industriels	Par lot	Lit fluidisé	237,00	60,00

Émissions totales

Le Tableau A3.6–13 résume les émissions provenant d'installations VED et non VED. Les émissions produites par les installations VED sont déclarées dans le secteur Énergie, tandis que les émissions produites par les installations non VED sont déclarées dans le secteur Déchets.

Tableau A3.6–13 **Sommaire national des émissions (kilotonnes d'éq. CO_2) provenant de l'incinération**

Année	Installations non VED				Installations VED
	DSM	Déchets médicaux	Déchets dangereux	Boues d'épuration	
1990	65	2	191	39	358
1991	65	2	202	42	354
1992	65	2	214	44	420
1993	65	3	221	46	386
1994	65	3	253	51	334
1995	64	3	295	51	334
1996	64	3	259	56	341
1997	39	3	228	54	335
1998	37	2	271	53	337
1999	33	2	242	56	349
2000	33	2	280	56	338
2001	33	2	299	57	333
2002	33	2	308	61	337
2003	33	2	258	58	295
2004	28	3	275	58	301
2005	23	3	276	57	300
2006	23	3	254	58	302
2007	23	3	240	57	284
2008	23	3	259	57	287
2009	18	4	222	58	284
2010	15	3	243	58	261
2011	11	3	229	63	287
2012	12	3	108	61	342
2013	10	4	113	73	335
2014	8	4	91	79	295
2015	7	3	121	76	373
2016	8	4	112	78	415
2017	8	5	113	64	396
2018	8	5	99	67	395
2019	8	4	97	69	394
2020	8	4	86	64	463
2021	9	5	76	64	466
2022	9	5	91	71	414
2023	9	3	78	75	420
2024	8	3	67	75	428

Notes :
DSM = déchets solides municipaux
VED = valorisation énergétique des déchets

A3.6.3.2. Combustion à l'air libre des déchets (5.C.2)

Les émissions de GES provenant de la combustion à l'air libre des déchets résidentiels sont estimées à l'aide des méthodes de Niveau 1 du GIEC, en fonction de la quantité et du type de déchets résidentiels brûlés à l'air libre au Canada. La quantité de déchets résidentiels brûlés à l'air libre est calculée en combinant le taux de production de déchets résidentiels, la population, la proportion de la population qui incinère ses déchets, la proportion des déchets brûlés, ainsi que la répartition des matières incinérées. La production de déchets résidentiels est estimée dans le cadre de la quantification des DSM décrite dans la section A3.6.1.2.2. Quant aux données sur la population, elles proviennent de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [b]). La proportion de la population incinérant des déchets à domicile et les types de matières incinérées sont estimés à partir de l'(EME et d'une enquête sur les pratiques de combustion des déchets résidentiels en Ontario (en 2001). Les quantités estimées de déchets éliminés par la combustion résidentielle varient d'environ 13 000 tonnes à 15 500 tonnes par an.

Les méthodes de Niveau 1 du GIEC sont utilisées pour estimer les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant de la combustion des déchets résidentiels (GIEC, 2006). Les équations suivantes servent à estimer les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O :

Équation A3.6–13 **(modifiée d'après les Lignes directrices du GIEC 2006, Volume 5, Chapitre 5, Équation 5.2) :**

$$\textit{Émissions de } CO_2 = DSM * \sum_j (FD_j * ms_j * FC_j * FCF_j * FO_j) * 44/12$$

$\textit{Émissions de } CO_2$	=	Émissions de CO_2 provenant de la combustion à l'air libre des déchets résidentiels (tonne/année)
DSM	=	Poids des déchets résidentiels brûlés (tonne)
FD_j	=	Fraction du composant j des déchets
ms_j	=	Teneur en matière sèche du composant j des déchets (fraction)
FC_j	=	Fraction de carbone dans la matière sèche (teneur totale en carbone)
FCF_j	=	Fraction de carbone d'origine fossile dans la quantité totale de carbone dans le composant j
FO_j	=	Facteur d'oxydation (0,58)
$44/12$	=	Facteur de conversion de C en CO_2

Équation A3.6–14 **(modifiée d'après les Lignes directrices du GIEC 2006, Volume 5, Chapitre 5, Équation 5.4) :**

$$\textit{Émissions de } CH_4 = DSM * CE_{CH4}$$

$\textit{Émissions de } CH_4$	=	Émission de CH_4 provenant de la combustion à l'air libre des déchets résidentiels (tonne/année)
DSM	=	Poids des déchets résidentiels brûlés (tonne)
CE_{CH4}	=	Coefficient d'émission pour le CH_4 : 6 500 g CH_4/tonne de déchets (fondé sur le poids sec)

Équation A3.6–15 **(modifiée d'après les Lignes directrices du GIEC 2006, Volume 5, Chapitre 5, Équation 5.5) :**

$$\textit{Émission de } N_2O = DSM * \sum_j (FD_j * ms_j) * CE_{N2O}$$

$\textit{Émissions de } N_2O$	=	Émissions de N_2O provenant de la combustion à l'air libre des déchets résidentiels (tonne/année)
DSM	=	Poids des déchets résidentiels brûlés (tonne)
FD_j	=	Fraction du composant j des déchets
ms_j	=	Teneur en matière sèche du composant j des déchets (fraction)
CE_{N2O}	=	Coefficient d'émission pour le N_2O : 150 g N_2O/tonne de déchets (fondé sur le poids sec)

Les valeurs par défaut des Lignes directrices du GIEC sont employées pour toutes les variables dans les équations ci-dessus, à l'exception de la quantité de déchets incinérés (DSM), qui est calculée comme décrit précédemment.

A3.6.4. Émissions provenant du Traitement et rejet des eaux usées (5.D)

Les estimations des émissions pour la catégorie du traitement et du rejet des eaux usées comprennent les émissions de CO_2, CH_4 et N_2O attribuables à la transformation des matières organiques et des éléments nutritifs dans les systèmes de traitement des eaux usées. Cependant, les émissions biogènes de CO_2 ne sont pas incluses dans les totaux de ce secteur, car elles sont considérées comme étant d'origine biogène et ayant surgi pendant la même année que les émissions (et sont donc prises en compte dans les secteurs AFAAT).

Les émissions de CH_4 issues du traitement des eaux usées municipales et industrielles, de la digestion anaérobie de boues sur place dans les installations de traitement des eaux usées, et de l'émission de matières organiques qui restent dans les effluents d'eaux usées sont estimées conformément aux méthodes fournies dans les Lignes directrices 2006 et la Révision 2019 du GIEC. Pour l'instant, les émissions de N_2O sont estimées en fonction de l'azote total dans les eaux usées conformément aux méthodes décrites dans les Lignes directrices 2006 et la Révision 2019 du GIEC. Les estimations des émissions de N_2O totales dépendent de la technologie de traitement utilisée.

Les émissions provenant du traitement des eaux usées municipales sont déterminées par habitant. La charge de matières organiques par habitant dans les eaux usées et la population desservie par type de traitement sont les principales données d'activités pour les émissions de CH_4. La charge d'azote dans les eaux usées, estimée à partir de la consommation de protéines par habitant, est la principale donnée d'activités pour les émissions de N_2O.

Au Canada, la plupart des eaux usées sont traitées dans des stations d'épuration municipales centralisées, qui reçoivent les eaux usées des utilisateurs domestiques, commerciaux et industriels. Certaines municipalités côtières recueillent et rejettent des eaux usées non traitées dans la mer. De nombreux Canadiens dans des régions rurales et éloignées, mais aussi dans certaines parties de centres urbains, utilisent des fosses septiques privées ou communautaires pour le traitement des eaux usées. Les grandes industries traitent ou prétraitent leurs eaux usées sur place et sont prises en compte séparément des installations de traitement des eaux usées municipales, soit dans la catégorie Traitement sur place des eaux usées industrielles à la section A3.6.4.4.

A3.6.4.1. Traitement et rejet des eaux usées municipales – CH_4

Les estimations des émissions des installations municipales de traitement des eaux usées sont calculées à l'aide des méthodes de Niveau 2 fournies dans les Lignes directrices 2006 et la Révision 2019 du GIEC, avec des coefficients propres au pays (GIEC, 2006; GIEC, 2019). La Révision 2019 fournit des coefficients d'émission et des méthodes à jour pour estimer les émissions des plans d'eau récepteurs.

Les estimations de CH_4 sont fondées sur les charges des matières organiques basées sur la population, la technologie de traitement utilisée et les caractéristiques du plan d'eau récepteur. Les émissions de CH_4 sont issues de l'activité microbienne pendant le traitement, la digestion anaérobie des boues et dans le plan d'eau récepteur.

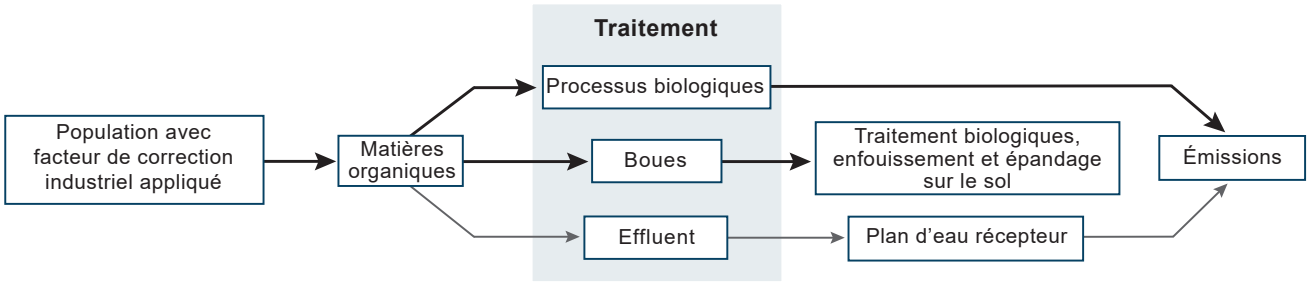
La technologie de traitement utilisée influe sur les émissions associées au traitement, l'élimination des matières organiques comme les boues et la quantité de matières organiques qui demeurent dans l'effluent (ce qui contribue par la suite aux émissions associées aux plans d'eau récepteurs). La première étape pour estimer les émissions de CH_4 associées aux eaux usées consiste à déterminer la population qui utilise chaque type de technologie de traitement.

Les émissions de méthane attribuables aux installations de traitement des eaux usées sont produites à trois étapes distinctes (Figure A3.6–4) :

- Traitement des eaux usées
- Digestion anaérobie des boues
- Activité microbienne des matières organiques rejetées dans le plan d'eau récepteur

Les matières organiques qui sont rejetées dans les eaux usées (données sur les activités) sont converties en CH_4 (ou en CO_2) par l'activité microbienne à chacune de ces trois étapes. Les émissions issues du procédé de traitement des eaux usées et les matières organiques retirées sous forme de boues ou rejetées dans le plan d'eau récepteur avec l'effluent dépendent de la technologie de traitement.

Figure A3.6–4 **Diagramme du flux de matières organiques dans les eaux usées**



Les émissions de CH_4 totales attribuables aux installations d'eaux usées de chaque province ou territoire peuvent être déterminées en additionnant les émissions de chacune des trois étapes, comme il est indiqué dans l'Équation A3.6–16. Les émissions nationales représentent la somme de toutes les émissions provinciales et territoriales.

Équation A3.6–16

$$CH_4 = CH_{4Traitement} + CH_{4DA} + CH_{4Plan\ d'eau\ récepteur}$$

CH_4	=	émissions de CH_4 associées aux eaux usées, pour la province, p
$CH_{4\ Traitement}$	=	émissions de CH_4 associées au procédé de traitement des eaux usées (en tonnes de CH_4)
CH_{4DA}	=	émissions de CH_4 associées à la digestion anaérobie des boues sur place aux installations de traitement des eaux usées (en tonnes de CH_4)
$CH_{4\ Plan\ d'eau\ récepteur}$	=	émissions de CH_4 associées aux eaux usées rejetées dans les plans d'eau récepteurs (en tonnes de CH_4)

Méthodologie

En fin de compte, les émissions dépendent de la population et de la technologie de traitement utilisée. La charge des matières organiques – la masse de matières organiques introduites dans les eaux usées – est tributaire de la population desservie. La technologie de traitement à laquelle le système de traitement des eaux usées est connecté (le cas échéant) détermine le degré d'émissions issues du procédé de traitement, la quantité de matières organiques retirées sous forme de boue et la quantité de matières organiques qui restent dans les effluents d'eaux usées. Les matières organiques qui restent dans les effluents contribuent également aux émissions de CH_4 (GIEC, 2019). Les matières organiques retirées sous forme de boue sont parfois traitées dans des digesteurs anaérobies sur place dans les installations de traitement des eaux usées. Dans ces cas, les émissions de CH_4 attribuables à la digestion anaérobie sont comprises dans les totaux des eaux usées.

Les matières organiques retirées sous forme de boue (après toute réduction découlant de la digestion anaérobie sur place) peuvent ensuite devenir des apports pour la comptabilisation et les calculs des émissions dans d'autres sections, notamment Traitement biologique des déchets solides (section A3.6.2), Sites d'enfouissement (section A3.6.1) et Incinération (section A3.6.3). Il est question de la comptabilisation des boues d'épuration, soit de déterminer les quantités transférées à chaque devenir ou section susmentionnée, dans la présente section.

Le terme « système de traitement des eaux usées » est utilisé pour désigner un système d'égouts ou de récupération des eaux usées. Il ne s'agit pas nécessairement d'une installation de traitement des eaux usées. Dans certains cas, les eaux usées sont récupérées, mais rejetées dans la mer. Les systèmes de traitement pourraient également employer plus d'un type de technologie de traitement, comme différents types de lagunes d'épuration fonctionnant en série ou en parallèle.

A3.6.4.1.1. Émissions provenant du traitement des eaux usées

Les émissions de CH_4 sont estimées pour chaque province en fonction de la charge de matières organiques dans les eaux usées, des matières organiques retirées sous forme de boue et de coefficients d'émission propres à la technologie de traitement, tel qu'indiqué dans l'Équation A3.6–17.

Équation A3.6–17

$$CH_{4\ Traitement} = \sum_t [CE_{CH_4,t} \times (Charge\ organique_t - Organiques\ retirées\ sous\ forme\ de\ boue_t)] - Récupération$$

$CH_{4\ Traitement}$	=	émissions de CH_4 issues du traitement des eaux usées, en tonnes de CH_4
t	=	type ou catégorie de technologie de traitement (p. ex., lagune facultative)
$CE_{CH4,t}$	=	coefficient d'émission de CH_4 pour la technologie de traitement des eaux usées de type t, en tonnes de CH_4/tonnes de DBO_5
$Charge\ organique_t$	=	charge des matières organiques dans les systèmes de traitement des eaux usées/de rejet de type t, en tonnes de DBO_5
$Matières\ organiques\ retirées\ sous\ forme\ de\ boue_t$	=	les matières organiques qui sont retirées des eaux usées sous forme de boue, mesurées sous forme de tonnes de DBO_5, estimée au moyen des équations Équation A3.6–21 et Équation A3.6–22
$Récupération$	=	CH_4 récupéré du traitement des eaux usées, t. La récupération provenant de la digestion anaérobie des boues est prise en compte séparément. À l'heure actuelle, il n'y a pas de récupération du CH_4 à l'étape du traitement des eaux usées pour le traitement des eaux usées municipales (seulement à partir de la digestion des boues).

Coefficient d'émission

Le coefficient d'émission pour le traitement et le rejet des eaux usées dépend de la capacité de production maximale théorique de CH_4 (B_0) pour les eaux usées et d'un facteur de correction du méthane (FCM) propre à la technologie de traitement, comme illustré dans l'Équation A3.6–18 et le Tableau A3.6–14. La capacité maximale de production de CH_4 a été établie à 0,36 kg de CH_4 par kg de DBO_5 par AECOM (2011). Le FCM est la fraction du CH_4 potentiel qui est produite par chaque type de traitement et varie de 0 à 1 (GIEC, 2006), selon le type de système de traitement.

Équation A3.6–18

$$CE_{CH_4} = B_0 \times FCM$$

CE_{CH4} = coefficient d'émission pour le type de traitement t, en tonnes de CH_4/tonnes de DBO_5
B_0 = capacité maximale théorique de production de CH_4, en tonnes de CH_4/tonnes de DBO_5
FCM = facteur de correction du CH_4 pour le type de traitement t, fraction

Tableau A3.6–14 **Coefficients d'émission de CH_4 pour le Traitement des eaux usées**

Catégorie de traitement	FCM	CE	Source : FCM	Efficacité d'élimination de la DBO_5	Source : Efficacité d'élimination de la DBO_5	DBO_5 issue des boues par DBO_5 retirée des eaux usées	Source : DBO_5 issue des boues par DBO_5 retirée des eaux usées
Aucun traitement	ND	ND	GIEC (2006)	0	GIEC (2019)	0	ND
Traitement primaire	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,4	GIEC (2019)	1	Envirosim (2019), Tableau 3
Lagune d'épuration aérobie	0	0	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,01	Envirosim (2019), Tableau 6
Lagune d'épuration anaérobie	0,8	0,288	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,02	Envirosim (2019), Tableau 6
Lagune d'épuration facultative	0,2	0,072	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,01	Envirosim (2019), Tableau 6
Autre / lagune d'épuration de type non précisé	0,2	0,072	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,01	Envirosim (2019), Tableau 6
Traitement secondaire anaérobie	0,8	0,288	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,46	Modélisation en tant que traitement secondaire aérobie
Traitement secondaire par boues activées	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,95	GIEC (2019)	0,46	Envirosim (2019), Tableau 2, traitement secondaire avec traitement primaire et nitrification
Lit bactérien	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,6	Envirosim (2019), Tableau 5
Lit bactérien – charge élevée	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,75	Envirosim (2019), Tableau 5
Disques biologiques	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,85	Analyse interne d'ECCC	0,23	Surampalli et Baumann (1995)
Réacteurs biologiques séquentiels	0,05	0,018	Taseli (2018)	0,9	Analyse documentaire	0,46	Si l'on présume des similitudes avec le traitement secondaire par boues activées. Mahvi (2008)
Traitement secondaire par biofiltration	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,95	Analyse documentaire	0,46	Si l'on présume des similitudes avec le traitement secondaire par boues activées
Traitement secondaire avec élimination des nutriments biologiques	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,98	Analyse documentaire / GIEC (2019) / Envirosim (2019) en présumant que le traitement primaire est inclus	0,46	Envirosim, Tableau 2, traitement secondaire avec traitement primaire et nitrification
Fosse septique	0,5	0,18	GIEC (2006)	1	Si l'on présume un champ de dispersion	0,5	GIEC (2019), Équation 6.3
Fosse septique avec décharge en mer	0,5	0,18	GIEC (2006)	0,625	GIEC (2019), Tableau 6.6B	0,5	GIEC (2019), Équation 6.3
Terres humides	0,17	0,0612	Supplément (2014) du GIEC pour les terres humides	0,975	Estimation	0	Si l'on présume qu'il n'y a pas de dragage
Autre / inconnu	0,2	0,072	Modélisation en tant que lagune facultative	0,85	Modélisation en tant que lagune facultative	0,01	Modélisation en tant que lagune facultative

Notes :
FCM = facteur de correction du méthane
DBO_5 = demande biologique en oxygène, test de 5 jours
ND = non disponible

Charge organique

Les émissions de CH_4 provenant des systèmes municipaux de traitement des eaux usées sont déterminées en fonction de la charge organique des eaux usées, par province (mesurée en tant que demande biogéochimique en oxygène, test de 5 jours ou DBO_5). La charge organique est déterminée à partir du taux de charge organique par habitant (DBO_5/habitant/jour) de 0,06 kg/personne/jour et d'un coefficient de correction des apports industriels et commerciaux de 1,25 (GIEC, 2006). Il convient de noter que le coefficient de correction des apports commerciaux est appliqué tant aux systèmes centralisés de traitement des eaux usées qu'aux fosses septiques distribuées; les fosses septiques privées sont utilisées à la fois par des installations domestiques et industrielles dans les régions rurales du Canada.

Le total de charge organique annuel de chaque type de technologie de traitement des eaux usées dans une province est calculé comme le montre l'Équation A3.6–19.

Équation A3.6–19

$$\boldsymbol{Charge\ organique_{(t)} = Pop_{(t)} \times CorInc \times ParHabDBO_5 \times 365 \times 0{,}001}$$

$\boldsymbol{Charge\ organique_{(t)}}$	=	charge organique annuelle dans les systèmes de traitement des eaux usées t, en tonnes de DBO_5
$\boldsymbol{Pop_{(t)}}$	=	population qui utilise les systèmes de traitement des eaux usées (qui y est connectée) d'une technologie de type t
$\boldsymbol{CorInc}$	=	coefficient de correction pour les apports industriels et commerciaux dans les eaux usées municipales, avec une valeur de 1,25 (GIEC, 2006)
$\boldsymbol{ParHabDBO_5}$	=	charge organique par personne selon le système de traitement des eaux usées, en kg de DBO_5/personne par jour
$\boldsymbol{365}$	=	conversion des jours en année
$\boldsymbol{0{,}001}$	=	conversion des kg de DBO_5 en tonnes de DBO_5

Population qui utilise chaque technologie de traitement, par province

Il y a plus de 3 800 systèmes de traitement ou de rejet des eaux usées (système de traitement des eaux usées) au Canada. De plus, une grande partie de la population est dotée de fosses septiques privées. La population totale desservie par chaque technologie de traitement dans chaque province est déterminée en additionnant le nombre de personnes desservies par (connectée à) chaque système de traitement des eaux usées (c.-à-d. égout ou installation) doté de chaque type de traitement. Cependant, puisque peu de systèmes de traitement des eaux usées ont des mesures directes du nombre de personnes qu'ils desservent, la population desservie par chaque système de traitement doit plutôt être estimée.

Pour estimer la population desservie par chaque installation, une approche géographique est adoptée :

1. Cartographier la population de chaque région métropolitaine de recensement (RMR) et de chaque division de recensement (DR), à l'exception des régions qui chevauchent les RMR, depuis 1990, en tenant compte des limites géographiques changeantes de chaque recensement (recensements de la population de Statistique Canada de 1991, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016, 2021; limites des régions administratives des recensements de Statistique Canada [fichiers de forme ou géodatabases] des recensements de 1996, 2016 et 2016, 2021).
2. Déterminer la population de chaque région qui est connectée aux systèmes de traitement des eaux usées et la population qui utilise des fosses septiques privées ou communautaires.
3. Distribuer la population de la RMR ou de la DR qui rejette vers un réseau d'égout municipal entre les systèmes de traitement des eaux usées dans la région conformément au volume relatif d'eaux usées que le système traite dans une année. Par exemple, il est supposé qu'une installation qui traite 30 % du volume total annuel d'eaux usées d'une RMR dans une année donnée dessert 30 % de la population dans cette RMR qui est connectée au réseau d'égout municipal cette année-là.

La population totale qui utilise chaque technologie de traitement pour chaque province chaque année est déterminée en additionnant la population connectée au système de traitement des eaux usées doté de cette technologie, conformément à l'Équation A3.6–20.

Équation A3.6–20

$$Population_utilisant_système_t = \sum_i \frac{Volume\ traité_{i,t}}{Total\ volume\ traité_{région}} * Population_{égout\ mun,\ région}$$

$Population_utilisant_système_{i,j}$	=	la population estimée desservie par le système municipal de traitement des eaux usées de type t
$Volume\ traité_{i,t}$	=	le volume d'eaux usées traitées par installation i, ou rejetées par celle-ci
$région$	=	la région (région métropolitaine de recensement ou division de recensement) où est situé chaque système i (remarque : les limites géographiques de recensement changent au fil du temps)
$Total\ volume\ traité_{région}$	=	le volume total d'eaux usées traitées par tous les systèmes municipaux de traitement des eaux usées dans la région où le système i est situé.
$Population_{égoût\ mun,région}$	=	la population de la région où le système i est situé, qui habite dans des résidences connectées à des systèmes d'égout municipaux (comparativement à des fosses septiques privées)

La population qui rejette ses eaux usées dans des systèmes d'égout municipaux par rapport à celle qui les rejette dans des fosses septiques privées ou communautaires est déterminée à partir d'une analyse de l'Enquête sur les ménages et l'environnement (Statistique Canada, s.d. [c]). L'utilisation de fosses septiques par rapport à des égouts peut seulement être déterminée à la résolution spatiale de la région métropolitaine de recensement et du « reste de la province ». En d'autres termes, toutes les divisions de recensement dans une province sont traitées comme étant unique pour déterminer l'utilisation de fosses septiques ou de systèmes de traitement municipaux.

Le volume des eaux usées rejetées (volume traité) de la plupart (>2 500) des systèmes de traitement des eaux usées au Canada et la technologie de traitement utilisée sont déclarés par l'entremise du Système d'information pour les rapports réglementaires sur les effluents (SIRRE) en vertu du *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées de la Loi sur les pêches* (Canada 2012). Les dossiers de cette source commencent en 2013. Pour compléter la série chronologique et combler les lacunes éventuelles de données, les informations suivantes ont également été recueillies: les volumes déclarés, le type de technologie de traitement et des précisions sur la construction, la mise à niveau et la mise hors service des installations à partir d'anciens inventaires nationaux, des inventaires et des rapports provinciaux, des rapports annuels des installations de traitement, des sites Web municipaux, des rapports techniques, des articles scientifiques, des informations de presse et d'autres sources disponibles. Parmi les autres sources de données notables, outre les données recueillies par le SIRRE, il y a l'inventaire national des réseaux d'aqueducs et des systèmes de traitement des eaux usées municipaux au Canada, 1996 (ministre de l'Approvisionnement et des Services Canada, 1987), le gouvernement du Québec (Québec 2003, 2005 et 2013), le ministère de l'Environnement de l'Ontario (1985), et le portail sur les ressources en eau de Terre-Neuve (s.d.).

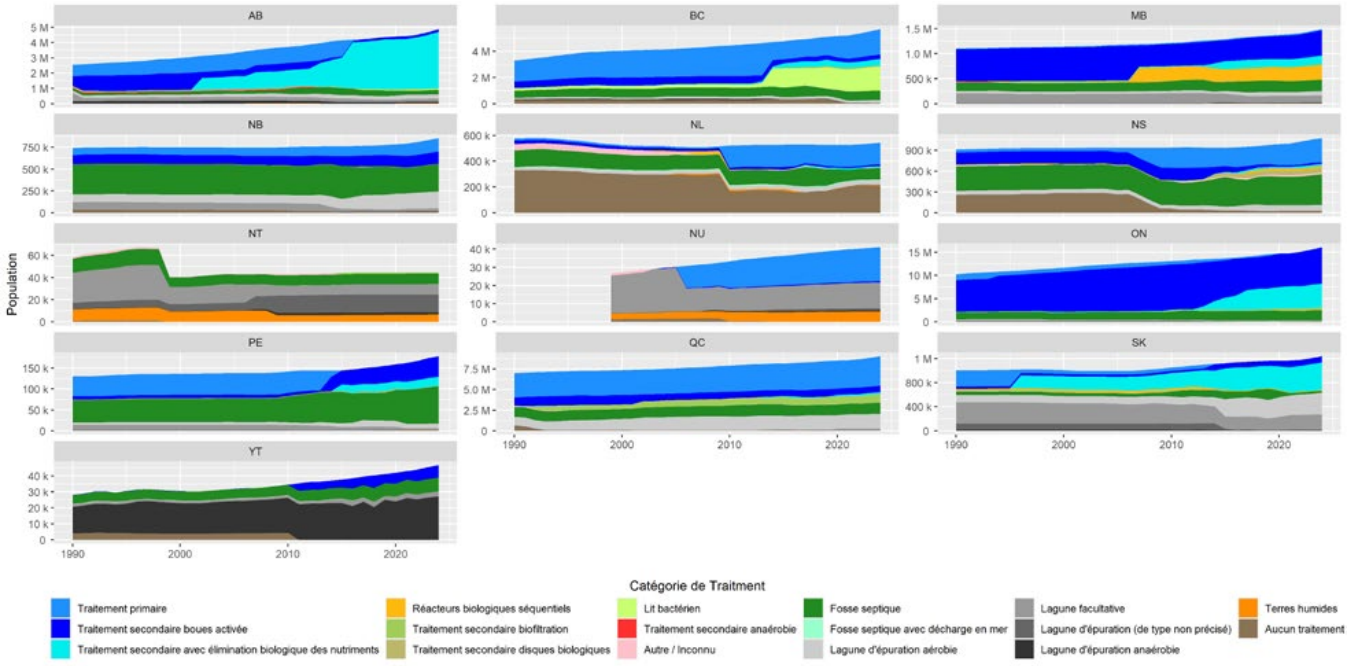
Les données sur l'utilisation de fosses septiques (et l'utilisation de systèmes municipaux de traitement des eaux usées) et les volumes traités ne sont pas disponibles pour toutes les années. Des lacunes dans la série chronologique sur l'utilisation de fosses septiques selon la province et la région métropolitaine de recensement sont interpolées de façon linéaire et extrapolées en maintenant les valeurs constantes. Les lacunes dans les séries chronologiques sur les volumes d'eaux usées sont interpolées de façon linéaire et extrapolées par mise à l'échelle à partir de la valeur la plus proche connue conformément aux changements démographiques régionaux.

De nombreux petits systèmes n'ont pas de volumes déclarés pour une quelconque année (1 426 systèmes). Cela pourrait s'expliquer par le fait que le seuil de déclaration obligatoire de 100 m^3/jour du *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées* (RESAEU) n'est jamais atteint ou parce que ces petits systèmes ont mis fin à leurs activités avant l'entrée en vigueur du Règlement en 2014. Ces systèmes se voient attribuer un volume de traitement d'une valeur de 50 m^3/jour (ce qui correspond à des populations d'environ 50 à 200 personnes, variant par région). Même avec l'attribution de ce volume, ces petits systèmes représentent une contribution négligeable au volume global d'eaux usées traitées au Canada.

La technologie de traitement d'un système de traitement des eaux usées donné est extrapolée en maintenant constantes l'ancienne technologie et celle qui est la plus récente. Lorsque la technologie de traitement d'un système de traitement des eaux usées donné a changé au fil du temps et que l'année exacte du changement est inconnue, le type de technologie est interpolé en reportant l'ancienne technologie à la première année déclarée de la nouvelle technologie (c'est-à-dire qu'il est présumé que la première occurrence de la nouvelle technologie devrait correspondre à l'année de la mise à niveau).

La population connectée à chaque type de technologie de traitement estimée, par province et territoire, est indiquée dans la Figure A3.6–5. Les pourcentages de la population canadienne connectée aux systèmes de traitement des eaux usées de chaque technologie de traitement sont indiqués dans le Tableau A3.6–15.

Figure A3.6–5 **Population desservie par chaque type de technologie de traitement, par province et territoire**



Matières organiques éliminées sous forme de boue

L'élimination des boues n'est pas mesurée directement à toutes les installations au Canada et elle est donc estimée en la modélisant en fonction de la technologie de traitement. En plus de la technologie de traitement, il y a de nombreux facteurs en cause qui auront une incidence sur l'élimination des boues, comme les températures de fonctionnement et les débits. Cependant, l'élimination moyenne des boues dans l'ensemble des diverses technologies de traitement utilisées au Canada peut servir à la préparation d'estimations à l'échelle provinciale.

Les matières organiques éliminées des eaux usées sous forme de boues, mesurées comme unités de DBO_5, sont estimées conformément à l'Équation A3.6–21 et à l'Équation A3.6–22, à l'aide de paramètres présentés dans le Tableau A3.6–14.

Équation A3.6–21

$$Organiques_éliminées_par_traitement_t = Charge\ organique_t \times Efficacité_élimination_DBO_{5\,t}$$

$Organiques_éliminées_par_traitement$ = quantité totale de matières organiques (mesurée sous forme de DBO_5) éliminées des eaux usées, pour le type de traitement t, en tonnes de DBO_5

$Charge\ organique_t$ = charge organique dans le système de traitement/de rejet des eaux usées, en tonnes de DBO_5

$Efficacité_élimination_DBO_t$ = efficacité moyenne ou typique de la technologie de traitement des eaux usées, au Canada, pour éliminer la DBO_5 des eaux usées (Tableau A3.6–14), fraction

Équation A3.6–22

$$DBO_5_éliminée_sous_forme_de_boues_t = Organiques_éliminées_via_traitement_t \times DBO_5_boues_par_DBO_5_éliminée_t$$

$DBO_éliminée_sous_forme_de_boues_t$ = quantité de DBO_5 (t DBO_5) éliminée des eaux usées sous forme de boues par type de traitement t

$Organiques_éliminées_par_traitement_t$ = quantité totale de matières organiques (mesurées sous forme de DBO_5) éliminée des eaux usées, par type de traitement t

$DBO_5_boues_par_DBO_5_éliminée_t$ = facteur propre à la technologie de traitement pour la quantité de DBO_5 éliminée des eaux usées sous forme de boues par unité de DBO_5 éliminée pendant le traitement (pas 1:1 en raison d'autres mécanismes d'élimination de DBO_5 comme les émissions)

Tableau A3.6–15 **Pourcentage de la population canadienne qui utilise chaque type de technologie de traitement des eaux usées**

Catégorie de traitement	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2024
Traitement primaire	25,66	23,88	23,54	23,33	23,86	18,62	15,18	15,16
Traitement secondaire boues activée	35,82	39,59	40,79	37,49	36,58	27,89	24,24	24,25
Traitement secondaire disques biologiques	0,84	0,53	0,43	0,44	0,43	0,6	0,58	0,59
Réacteurs biologiques séquentiels	0,19	0,25	0,25	0,36	1,08	0,97	1,17	1,23
Traitement secondaire avec élimination des nutriments biologiques	0,41	0,43	1,25	3,79	4,54	15,63	24,18	24,84
Traitement secondaire biofiltration	0,01	1,85	1,7	2,32	2,6	2,65	3,33	3,29
Traitement secondaire anaérobie	0,21	0,17	0,18	0,18	0,17	0	0	0
Lit bactérien	0,84	0,81	0,88	0,86	0,86	4,12	4,41	4,64
Lagune d'épuration aérobie	6,56	6,77	6,79	7,47	7,28	7,38	7,66	7,67
Lagune facultative	5,34	4,02	3,77	3,74	3,39	2,69	2,5	2,62
Lagune d'épuration (de type non précisé)	0,91	0,88	0,81	0,75	0,71	0,21	0,08	0,09
Lagune d'épuration anaérobie	1	1,01	0,96	1,03	0,95	0,51	0,44	0,5
Terres humides	0,04	0,1	0,04	0,08	0,07	0,08	0,07	0,06
Fosse septique	16,35	16,17	15,42	15,24	15,74	16,88	14,8	14,21
Fosse septique avec décharge en mer	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Autre/Inconnu	0,49	0,31	0,2	0,1	0,07	0,17	0,17	0,13
Aucun traitement	5,32	3,2	2,97	2,82	1,65	1,57	1,19	0,72

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre à 100 %.

A3.6.4.1.2. Émissions associées au plan d'eau récepteur (matières organiques qui restent dans l'effluent)

Le Canada emploie une approche de Niveau 2 de la Révision 2019 du GIEC (GIEC, 2019). Les émissions sont calculées à l'aide des équations A3.6–23 à A3.6–25. Les types de plans d'eau récepteurs sont déterminés en mettant en correspondance les emplacements des points de rejet des installations avec les types de plans d'eau les plus proches, classés selon les regroupements des Lignes directrices du GIEC de 2006 (lac, réservoir, rivière, aqueduc/canal/fossé, océan, estuaire). Les types de plans d'eau sont déterminés à partir des entités hydrographiques CanVec de Ressources naturelles Canada (RNCan, s.d.), à l'échelle de 1:50 000, avec certaines reclassifications (par exemple, les cours d'eau, les chenaux secondaires et les dérivations ont été classés comme rivières). Certaines corrections ont été appliquées, par exemple la classification des retenues de dérivation au fil de l'eau comme rivières (plutôt que réservoirs) au QC, la distinction entre rivières et lacs pour les types non précisés en AB et au NB (en fonction de la géométrie de l'entité), ainsi que l'exclusion des lagunes et des « réservoirs » de moins de 0,25 hectare, qui sont en réalité des clarificateurs de traitement des eaux usées et des lagunes et non des plans d'eau récepteurs. Les estuaires ne sont pas différenciés des autres plans d'eau (rivières ou océans) dans les données CanVec. De ce fait, les principaux estuaires ont été définis manuellement par ECCC. Les estuaires ont été établis sur la base de (Environnement Canada – Service canadien de la faune, 1993) et de l'opinion des experts d'ECCC. Parmi les estuaires importants, il y a le détroit de Juan de Fuca, le delta du Mackenzie, la baie d'Hudson, la baie James, le Bas-Saint-Laurent, la baie de Fundy, la baie des Chaleurs, les points de rejet de nombreuses rivières du nord du NB, notamment les rivières Restigouche, Miramichi, Richibucto, Bouctouche et Cocagne, ainsi que les rivières Petitcodiac et Hillsborough à PE. Les installations de système et de traitement d'eaux usées dont l'emplacement géographique est incertain sont classées dans la catégorie « Milieu aquatique non spécifié ». Les valeurs de FCM et les coefficients d'émission associés à chaque type de plan d'eau récepteur sont présentés dans le Tableau A3.6–16. Une valeur propre au pays pour B_0 (de 0,36) est employée.

Équation A3.6–23

$$CH_{4,Plan\ d'eau\ récepteur} = CE_{CH_4,plan\ d'eau\ récepteur} \times Charge\ organique_{effluent}$$

$CH_{4\ Plan\ d'eau\ récepteur,\ p}$ = émissions de CH_4 associées aux plans d'eau récepteurs de la province p

$CE_{CH_4,plan\ d'eau\ récepteur}$ = coefficient d'émission de CH_4 lié à la technologie de traitement des eaux usées, en tonnes de CH_4 / tonnes de DBO_5

$Charge\ organique_{effluents}$ = charge organique associée au traitement des eaux usées qui sont rejetées dans le plan d'eau récepteur sous forme d'effluents, en tonnes de DBO_5

Équation A3.6–24

$$CE_{CH_4\ plan\ d'eau\ récepteur} = B_0 \times FCM$$

$CE_{CH_4\ plan\ d'eau\ récepteur}$ = coefficient d'émission, kg CH_4/kg DBO_5 pour les eaux usées rejetées dans les plans d'eau récepteurs

B_0 = capacité maximale théorique de production de CH_4, 0,36 kg CH_4/kg DBO_5 (AECOM, 2011)

FCM = facteur de correction du méthane (FCM), fraction – Tableau A3.6–16

La DBO_5 rejetée dans des plans d'eau récepteurs varie selon la technologie de traitement. La DBO_5 totale rejetée dans les plans d'eau récepteurs peut être calculée comme étant un bilan massique fondé sur l'efficacité d'élimination de la technologie de traitement.

Équation A3.6–25

$$Charge\ organique_{effluent} = \sum_T [Charge\ organique_t \times (1 - Efficacité\ élimination\ DBO_T)]$$

$Charge\ organique_{Effluents}$ = quantité de matières organiques, mesurée sous forme de DBO_5 rejetée dans les plans d'eau récepteurs par la technologie de traitement de type t, en tonnes de DBO_5

$Charge\ organique_T$ = charge organique dans le système de traitement/rejet des eaux usées de type T, en tonnes de DBO_5

$Efficacité\ élimination\ DBO_T$ = efficacité typique de la technologie de traitement des eaux usées, au Canada, pour éliminer la DBO_5 des eaux usées (Tableau A3.6–14)

Tableau A3.6–16 **Coefficients d'émission des rejets d'eaux usées vers les plans d'eau récepteurs**

Catégorie CanVec de plan d'eau[a] (code)	Catégorie ECCC	Catégorie GIEC 2019	FCM	FE (kg CH_4 / kg BOD_5)
Canal (79)[b]	Canal, aqueduc ou fossé	Rejet vers les réservoirs, les lacs et les estuaires (Niveau 2)	0,19	0,0684
Conduit (80)[b]				
Fossé (81)[b]				
Fleuve à marée (89)	Estuaire			
Estuaire (NA)[c]				
Lac (83)	Lac			
Étang (86)				
Réservoir (87)[d]	Réservoir			
Océan (85)	Océan	Rejet vers d'autres milieux aquatiques autres que les réservoirs, les lacs et les estuaires (Niveau 2)	0,035	0,0126
Diversion (82)	Rivière			
Canal latéral (88)				
Cours d'eau (91)				
Non Identifié (20)[e]	Milieu aquatique non spécifié	Niveau 1	0,11	0,0396
Déchets liquides (84)[d]	ND	ND	ND	ND

Notes :
FCM = facteur de correction du méthane
ND = non disponible
a. Les entités hydrographiques de CanVec à l'échelle 1:50,000 (les classifications diffèrent des autres échelles spatiales disponibles dans CanVec).
b. Les canaux, les aqueducs et les fossés sont considérés comme des eaux calmes et s'apparentent plus à des lacs qu'à des rivières en termes des émissions.
c. La calssifcation estuaire (type de plan d'eau) n'existe pas dans CanVec. La catégorie Estuairesa été créée manuellement par ECCC (à partir des catégories Océan et Rivière).
d. Les réservoirs inférieurs à 25 hectares et les déchets liquides sont considérés comme faisant partie des systèmes de traitement des eaux usées (ce sont les lagunes et les clarificateurs).
e. Quelques entités classifiées comme «Non Identifié» dans CanVec ont été rectifiées par ECCC pour les définir comme lac, réservoir, océan ou estuaire (en fonction de la géométrie et l'emplacement).

A3.6.4.1.3. Émissions attribuables à la digestion anaérobie des boues dans des installations de traitement des eaux usées

Les émissions attribuables à la digestion anaérobie effectuée dans les usines de traitement des eaux usées sont déclarées dans la catégorie Émissions des eaux usées, conformément à la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). La digestion anaérobie et le compostage des boues sont effectués à l'extérieur du site des usines de traitement des eaux usées. Cependant, ils sont déclarés dans la catégorie Traitement biologique (section A3.6.2).

Les émissions attribuables à la digestion anaérobie des boues d'épuration sont estimées en fonction du CH_4 généré (Équation A3.6–26 à Équation A3.6–29). Il est présumé que les émissions sont des pertes fugitives provenant du digesteur et du torchage. Les émissions provenant de l'utilisation du biogaz sont déclarées dans le secteur de l'Énergie. La récupération du méthane pour la digestion anaérobie des boues est une pratique universelle au Canada. Les calculs sont effectués par installation, puis regroupés par province et territoire.

Les transferts de boues entre les installations sont également pris en compte avant le calcul des émissions de la digestion des boues d'épuration. Dans certaines municipalités, les boues peuvent être transférées d'installations de traitement des eaux usées de petite taille pour qu'elles soient traitées dans des installations de grande taille. À ce jour, 109 installations municipales de traitement des eaux usées ont été identifiées comme effectuant la digestion anaérobie des boues sur place.

Les données sur la récupération du biogaz ont été recueillies au moyen de sondages à participation facultative. Lorsqu'elles sont disponibles, les données déclarées sur le biogaz sont utilisées à la place de données modélisées. Les taux de récupération du méthane déclarés par les installations ainsi que les ratios de biogaz brûlé par torchage utilisés sont interpolés (linéaires) et extrapolés (maintenus constants) pour combler les lacunes des séries chronologiques. Lorsque la méthode de récupération du biogaz (torchage ou utilisation) d'une installation n'est pas connue, il est supposé que le biogaz du digesteur

de boues est brûlé par torchage. Le sondage a indiqué que la récupération du biogaz dans les installations municipales de traitement des eaux usées se fait uniquement à partir de la digestion des boues, et non du processus de traitement. La Figure A3.6–6 illustre la récupération du méthane par la digestion des boues.

Le TSS (total des solides en suspension) des boues envoyées au digesteur est estimé en fonction des matières organiques (DBO_5) éliminées des eaux usées sous forme de boue (Équation A3.6–21), qui sont converties en TSS au moyen d'un coefficient de production du TSS par unité de DBO_5 éliminée pour les catégories de traitement courantes au Canada (Équation A3.6–26 et Tableau A3.6–17).

La réduction du TSS attribuable à la digestion est calculée au moyen de l'Équation A3.6–27, en prenant compte de la fraction de matières volatiles en suspension (MVS) selon le ratio typique MVS à TSS pour chaque type de traitement (Tableau A3.6–17). La digestion anaérobie des boues ne consomme que la portion MVS des boues.

Le CH_4 généré par la digestion anaérobie des boues d'épuration est calculé en fonction de la réduction du TSS (ou, plus précisément, de la réduction des MVS) à l'aide de l'Équation A3.6–28.

Les émissions nettes sont estimées comme des pertes fugitives et des émissions de torchage, selon l'Équation A3.6–29. En ce qui concerne la digestion anaérobie des boues dans les installations de traitement des eaux usées, il est présumé que les pertes fugitives et les émissions de CH_4 représentent 2,1 % du CH_4 produit. Il est présumé que les émissions causées par le torchage représentent 0,3 % du méthane brûlé.

Figure A3.6–6 **Récupération de CH_4 de la digestion des boues du traitement des eaux usées municipales**

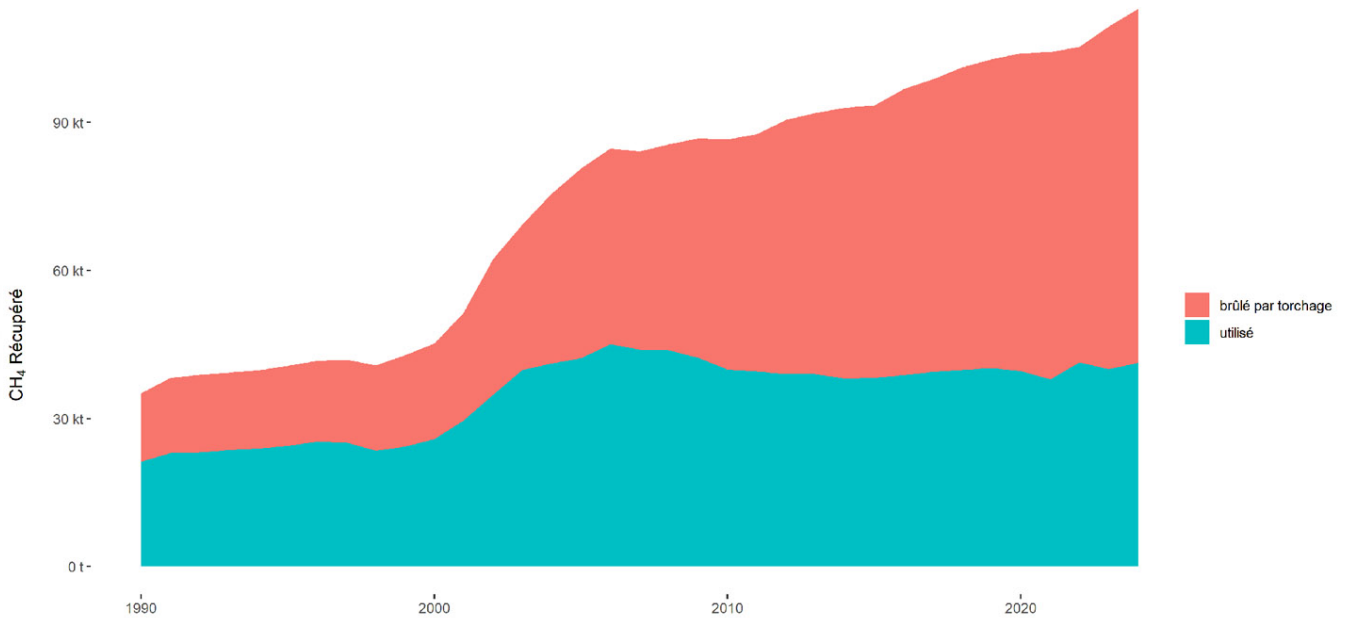


Tableau A3.6–17 **Caractéristiques des boues (conversion de la DBO_5 en total de solides en suspension et fraction des matières volatiles en suspension)**

Catégorie de traitement	TSS des boues / DBO_5 (kg/kg)	MVS/TSS	Source
Aucun traitement	N/A	N/A	N/A
Traitement primaire	1,75	0,83	Envirosim (2019)
Lagune d'épuration aérobie	0,17	0,35	Envirosim (2019)
Lagune d'épuration anaérobie	0,55	0,45	Envirosim (2019)
Lagune facultative	0,33	0,33	Envirosim (2019)
Autre / lagune d'épuration de type non précisé	0,33	0,33	Modélisation en tant que lagune facultative
Traitement secondaire anaérobie	0,95	0,815	Modélisation en tant que traitement secondaire par boues activées
Traitement secondaire par boues activées	0,95	0,815	Envirosim (2019)
Lit bactérien	1,08	0,83	Envirosim (2019)
Lit bactérien à forte charge	1,23	0,84	Envirosim (2019)
Disques biologiques	1,08	0,83	Modélisation en tant que lit bactérien
Réacteurs biologiques séquentiels	0,95	0,815	Modélisation en tant que traitement secondaire par boues activées; Mahvi (2008); U.S. EPA (1999)
Traitement secondaire par biofiltration	0,95	0,815	Estimation par ECCC; équivalent à traitement secondaire avec élimination biologique des nutriments
Traitement secondaire avec élimination biologique des nutriments	0,95	0,815	Envirosim (2019)
Fosse septique	0,25	0,5	Estimation d'ECCC fondée sur GIEC (2019) et État de Washington (2004)
Fosse septique avec décharge en mer	0,25	0,5	Estimation d'ECCC fondée sur GIEC (2019) et État de Washington (2004)
Terres humides	N/A	N/A	Si l'on présume qu'il n'y pas d'élimination de boue
Autre / inconnu	0,33	0,33	Modélisation en tant que lagune facultative

Note :
N/A = non-applicable

Les ratios TSS/DBO_5 et MVS/TSS sont approximatifs et la moyenne a été calculée pour une technologie donnée. Toutefois, dans l'ensemble, il est présumé que ces valeurs fournissent une approximation raisonnable des caractéristiques moyennes des boues dans toutes les installations d'un type donné dans une région.

Équation A3.6–26

$$TSS_{Boues} = Matières_organiques_éliminées_par_traitement \times TSS\ dans\ boue\ par\ DBO_5\ éliminée$$

TSS_{Boues} = masse du total de solides en suspension dans les boues éliminées des eaux usées, en tonnes

$Matières_organiques_éliminées_par_traitement$ = Matières organiques retirées des eaux usées par le traitement (en tonnes de DBO_5)

$TSS\ dans\ boues\ par\ DBO_5\ éliminée$ = facteur de conversion, masse du TSS par unité de DBO_5 retirée des eaux usées sous forme de boues (tonne / tonne de DBO_5); une fonction de la technologie de traitement (Tableau A3.6–17)

La réduction du TSS est fondée sur une efficacité typique du digesteur de boues (FracMVSÉlimination), qui est présumée être une réduction de 65 % des MVS. La réduction du TSS et des MVS est une moyenne typique qui n'est pas nécessairement représentative des opérations à l'échelle de l'installation, qui peuvent avoir une grande variété de conditions d'exploitation (température, temps de rétention des matières solides, etc.).

Équation A3.6–27

$$TSS_{Réduction} = TSS_{Boues} \times FracMVS \times Frac_{MVSÉlimination}$$

$TSS_{Réduction}$ = masse du total de solides en suspension (TSS) réduits par la digestion anaérobie (en tonnes)

TSS_{Boues} = masse du total des solides en suspension dans les boues (en tonnes)

$FracMVS$ = rapport de la masse de boue de poids secs qui sont des matières volatiles en suspension (MVS), exprimées comme MVS/TSS; la valeur de la technologie de traitement qui produit les boues (Tableau A3.6–17)

$Frac_{MVSÉlimination}$ = fraction de MVS qui est consommée par digestion anaérobie, 0,65 (fraction)

Équation A3.6–28

$$CH_{4\ produit} = TSS_{Réduction} \times Frac_{BiogazPro} \times FCH_{4\ Biogaz} \times Densité_{Biogaz} \times 0{,}001$$

$CH_{4produit}$	=	méthane produit par la digestion anaérobie de boues (en tonnes)
$TSS_{Réduction_DA}$	=	masse du total de solides en suspension réduits par la digestion anaérobie (en kg)
$Frac_{BiogasGen}$	=	volume de biogaz produit par unité du TSS consommé lors de la digestion anaérobie (m^3/tonne)
$FCH_{4Biogaz}$	=	fraction de biogaz qui est du CH_4, par masse
$Densité_{biogaz}$	=	densité du biogaz (kg/m^3)
$0{,}001$	=	unité de conversion, de kg/m^3 à tonne/m^3

Équation A3.6–29 **Émissions attribuables aux digesteurs anaérobies des eaux usées**

$$CH_{4\ Émission} = CH_{4\ Produit} \times Frac_{PertesFugitives} + CH_{4\ Produit} \times Frac_{BrûléTorchage} \times CE_{Torchage}$$

$CH_{4\ Émission}$	=	méthane émis par la digestion anaérobie des boues dans les installations de traitement des eaux usées (en tonnes)
$CH_{4\ Produit}$	=	méthane produit par la digestion anaérobie des boues (en tonnes)
$Frac_{PertesFugitives}$	=	pourcentage de biogaz (et de CH_4) émis associé aux pertes fugitives, 0,021 (2,1 %) (fraction), (voir A3.6.2.2.1 pour plus de détails ; ECCC, 2020b)
$Frac_{BrûléTorchage}$	=	fraction du biogaz brûlé par torchage. Elle est présumée être de 1 (100 %), à moins d'indication contraire dans les données déclarées par l'installation (fraction)
$CE_{Torchage}$	=	coefficient d'émission, CH_4 émit par le torchage, 0,003 (0,3 %) (fraction)

A3.6.4.1.4. Boues disponibles pour d'autres devenirs (comptabilisation des boues)

Secondaires aux émissions attribuables au traitement des eaux usées, les boues produites qui restent après la digestion anaérobie sur place sont utilisées pour estimer les quantités de boues enfouies. Les boues qui restent après la digestion anaérobie sur place sont déterminées selon l'Équation A3.6–30. Comme la digestion anaérobie consomme seulement la portion de MVS des boues, la fraction de MVS est mise à jour comme le montre l'Équation A3.6–31.

Équation A3.6–30 **Masse du total des solides en suspension dans les boues (poids sec) disponible après la digestion anaérobie sur place**

$$TSS_{Disponible} = TSS_{Boues} - TSS_{Réduction}$$

$TSS_{Disponible}$	=	masse du total des solides en suspension dans les boues (en d'autres termes, le poids sec des boues) disponible après le traitement des eaux usées et la digestion anaérobie sur place des boues (en kg du TSS ou kg du poids sec des boues)
TSS_{Boues}	=	masse du total des solides en suspension dans les boues, avant la digestion anaérobie (en kg)
$TSS_{Réduction}$	=	masse du TSS réduit par la digestion anaérobie (en kg)

Équation A3.6–31 **Fraction de matières volatiles en suspension dans les boues après la digestion anaérobie**

$$MVS_{mises\ à\ jour} = \frac{TSS_{Boues} * FracMVS - TSS_{Réduction}}{TSS_{Boues} - TSS_{Réduction}}$$

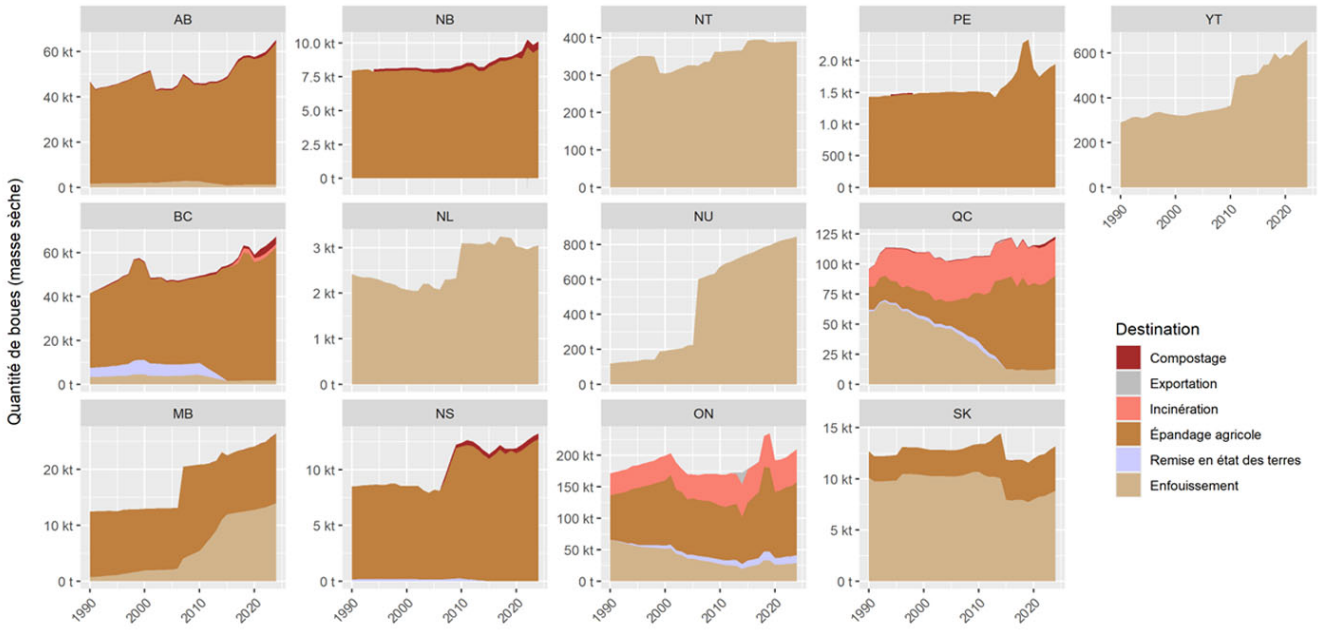
$MVS_{mises\ à\ jour}$	=	fraction des matières volatiles en suspension dans les boues qui ont subi une digestion anaérobie (fraction)
TSS_{Boues}	=	masse du total des solides en suspension dans les boues avant la digestion anaérobie (en kg)
$FracMVS$	=	fraction de la masse de boues qui est des MVS, avant la digestion anaérobie (fraction)
$TSS_{Réduction}$	=	masse du TSS réduit par la digestion anaérobie (en kg)

La fraction de MVS de toutes les boues produites dans une province ou un territoire est déterminée à partir de la moyenne pondérée de boues produites à l'aide de chaque technologie de traitement après avoir pris en compte toute digestion anaérobie sur place.

Distribution des boues

Les quantités de boues incinérées et compostées sont déclarées directement par les installations. Il est question des boues destinées à cette fin dans les sections A3.6.2 (Traitement biologique des déchets solides) et A3.6.3 (Incinération). Les boues envoyées aux sites d'enfouissement ou épandues sur le sol pour l'agriculture ou la restauration des sols doivent être estimées. Les boues qui restent après leur devenir de source ponctuelle (compostage et incinération) sont distribuées pour l'enfouissement ou l'épandage sur le sol conformément aux rapports provinciaux estimés par Cheminfo (Cheminfo, 2018).

Figure A3.6–7 **Comptabilisation des flux de boues, estimation de la destination des boues, par province et territoire**



Équation A3.6–32 **Calcul de la distribution des boues aux sites d'enfouissement conformément à la comptabilisation du des boues**

$$Boues\ enfouies = [B\acute{E}_{disponibles} - B\acute{E}_{Tmtbio} - B\acute{E}_{Incinérées} - B\acute{E}_{Exportées}] \times PropEnf$$

$B\acute{E}_{disponibles}$	=	masse de boues d'épuration disponibles provenant du traitement des eaux usées, après comptabilisation des réductions associées à la digestion anaérobie sur place dans les installations de traitement des eaux usées
$B\acute{E}_{Tmtbio}$	=	masse de boues envoyées pour un traitement biologique, qui comprend le compostage et la digestion anaérobie (dont le produit est présumé ne pas réintégrer le bassin de boues potentiellement destinées aux sites d'enfouissement)
$B\acute{E}_{Incinérées}$	=	masse de boues incinérées, en tonnes
$B\acute{E}_{Exportées}$	=	masse de boues exportées, en tonnes
$PropEnf$	=	proportion de boues d'épuration restantes qui sont enfouies, par opposition aux boues épandues sur des terres agricoles, des sols forestiers ou dans le cadre de la remise en état des terres (varie selon la province et au fil du temps), rapport

Le devenir estimé des boues produites par le traitement des eaux usées est montré dans la Figure A3.6–7.

A3.6.4.2. Traitement et rejet des eaux usées domestiques municipales – N_2O

Méthodologie

L'oxyde nitreux (N_2O) est associé à la décomposition des composants azotés dans les eaux usées qui sont introduits sous forme d'urée, de nitrates et de protéines dans les déchets humains ainsi qu'aux apports provenant d'autres eaux usées domestiques, dont les eaux usées provenant des douches, des éviers et lavabos, des machines à laver, etc. (GIEC, 2006). Les émissions de N_2O sont estimées à partir du N_2O formé pendant le traitement des eaux usées et du N_2O formé dans le plan d'eau récepteur dans lequel les eaux usées sont rejetées. Les émissions issues du traitement proviennent des zones anoxiques créées par le traitement et la nitrification, et sont les plus abondantes dans les traitements comportant des étapes d'élimination biologique des éléments nutritifs. Les émissions provenant du plan d'eau récepteur sont un produit de l'azote restant dans les effluents des eaux usées rejetées. Une partie de cet azote est transformée en oxyde nitreux par des processus microbiens naturels et est émise.

Les estimations d'émission sont réalisées selon le Niveau 2 de la Révision de 2019 du GIEC (GIEC, 2019), où les émissions sont calculées au niveau de l'installation pour l'étape de traitement ainsi que pour le rejet des effluents dans les plans d'eau récepteurs, et ce, en utilisant les paramètres par défaut du GIEC 2019.

Méthodologie visant à déterminer la quantité d'azote dans les eaux usées

La première étape pour calculer le N_2O dans les eaux usées est de déterminer la quantité d'azote qui y est introduite. Elle varie en grande partie en fonction de la population et de la consommation de protéines par habitant. L'azote introduit dans les eaux usées est multiplié par le coefficient d'émissions propre au type de traitement. La quantité d'azote introduite dans chaque système de traitement est fondée sur la quantité de protéines consommées, corrigée pour tenir compte des protéines non consommées (c.-à-d. jetées dans les broyeurs de déchets), des protéines d'origines industrielle et commerciale rejetées dans le réseau d'égout et de l'azote additionnel provenant des produits ménagers (Équation A3.6–33).

Équation A3.6–33 **Azote introduit dans le système de traitement des eaux usées**

$$N = Pop * Protéines\ consommées * F_{NPR} * N_NH * F_{NON\text{-}CON} * F_{IND\text{-}COM}$$

N	=	quantité d'azote introduite dans le système de traitement (kg)
Pop	=	population utilisant le système de traitement
$Protéines\ consommées$	=	consommation de protéines par personne (kg/pers./année)
F_{NPR}	=	fraction des protéines sous forme d'azote
$F_{NON\text{-}CON}$	=	facteur pour l'azote des protéines non consommées
$F_{IND\text{-}COM}$	=	facteur pour les rejets d'origines industrielle et commerciale
N_NH	=	facteur pour l'azote supplémentaire provenant des produits ménagers

La consommation de protéines est calculée à l'aide de la valeur de disponibilité des protéines tirée de la base de données statistiques de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAOSTAT, s.d.). La valeur de disponibilité des protéines est convertie en consommation de protéines à l'aide de l'analyse de Statistique Canada publiée antérieurement sur les éléments nutritifs dans l'apport alimentaire, selon un ratio de 0,678 (Statistique Canada, 2009), représentant les protéines disponibles après la perte. Les données combinées FAOSTAT combinées avec d'autres données représentant la perte de protéines sont censées être représentatives de la consommation de protéines (Tableau A3.6–19). La variable F_{NPR} représente la fraction de l'azote qui est sous forme de protéine, dont la valeur de 0,16 kg N/kg de protéines est utilisée (GIEC, 2019). $F_{IND\text{-}COM}$ et N_NH sont d'autres paramètres utilisés pour représenter les apports additionnels d'azote pouvant être introduit dans les eaux usées de sources industrielles ou commerciales, ainsi que de l'utilisation de produits ménagers. Les valeurs de $F_{IND\text{-}COM}$ et de N_NH sont de 1,25 et de 1,17, respectivement (GIEC, 2019).

En ce qui concerne le paramètre $F_{NON\text{-}CON}$, le facteur par défaut de la Révision de 2019 pour les apports d'azote provenant de résidus rejetés dans l'évier (broyeurs de déchets) est employé. La valeur de $F_{NON\text{-}CON}$ pour l'Amérique du Nord est de 1,13, lorsque de la nourriture est rejetée dans l'évier et de 1,0 lorsqu'aucune nourriture n'est éliminée dans l'évier. Pour le Canada, 10 % des ménages éliminent leurs résidus dans l'évier (GIEC, 2019, Tableau 6.10B). Comme il n'existe aucune donnée régionale spécifique sur le caractère permissible de l'élimination des résidus dans l'évier (broyeurs de déchets), il est présumé que les 10 % des ménages qui ont recours à l'élimination des résidus dans l'évier sont également répartis dans l'ensemble du Canada. Pour déterminer les apports totaux (nets) de N provenant des résidus éliminés dans l'évier, le facteur $F_{NON\text{-}CON}$ de 1,13 peut être appliqué par défaut pour la nourriture éliminée dans l'évier aux 10 % de la population qui ont recours à cette pratique, et le facteur $F_{NON\text{-}CON}$ par défaut de 1,0 pour la nourriture qui n'est pas éliminée dans l'évier aux 90 % restants de la population, ce qui donne une valeur globale pour $F_{NON\text{-}CON}$ de 1,013.

Émissions axées sur le traitement

Selon le type de traitement des eaux usées, le coefficient d'émission de N_2O peut varier. Donc, puisque la quantité d'azote introduite dans les eaux usées varie en fonction de la population, il est important d'estimer la fraction de la population associée à chaque type de traitement. Le calcul de la population employant différents types de traitement est expliqué dans la section précédente, dans l'analyse des émissions de CH_4 provenant des eaux usées, donnant la variable $Fraction_{tech}$. Puis, les émissions de N_2O sont calculées à l'aide de l'Équation A3.6–34, représentant chaque type de traitement au Canada. Les coefficients d'émission sont en grande partie fondés sur la Révision de 2019 du GIEC, sous réserve de quelques adaptations pour les conditions canadiennes (Tableau A3.6–18). Pour représenter tous les types de traitements, les émissions de tous les types de traitements sont additionnées aux échelles nationale et provinciale.

Équation A3.6–34 **Émissions directes de N_2O provenant des usines d'épuration des eaux usées**

$$N_2O_{Traitement} = N_{Eaux\ usées} * Fraction_{Tech} * CE_{Tech} * 44/28$$

$N_2O_{Traitement}$	=	émissions de N_2O provenant directement du traitement des eaux usées (kg)
$N_{Eaux\ usées}$	=	quantité d'azote introduit dans les eaux usées (kg)
CE_{Tech}	=	coefficient d'émission du nombre de kg d'azote émis (kg N_2O-N/kg N)
$Fraction_{Tech}$	=	fraction du type de traitement utilisé au Canada, par population
$44/28$	=	rapport stœchiométrique de N_2O-N sur N_2O

Tableau A3.6–18 **Coefficients d'émission du N_2O et élimination du N par différents types de traitements**

Catégorie de traitement	CE (kg N_2O-N/kg N)	Fraction de N éliminé	Source du CE	Source de N éliminé
Aucun traitement	0	0	GIEC (2019)	GIEC (2019)
Traitement primaire	0	0,1	Estimation d'ECCC	
Lagune d'épuration aérobie	0	0,4	Estimation d'ECCC	
Lagune d'épuration anaérobie	0	0,4	GIEC (2019)	
Lagune facultative	0	0,4	Estimation d'ECCC	
Autre / lagune d'épuration de type non précisé	0	0,4	Modélisation en tant que lagune facultative	
Traitement secondaire anaérobie	0	0,4	GIEC (2019)	
Traitement secondaire par boues activées	0,016	0,4		
Lit bactérien	0,016	0,4		
Lit bactérien à forte charge	0,016	0,4		
Disques biologiques	0,016	0,4		
Réacteurs biologiques séquentiels	0,016	0,4		
Traitement secondaire par biofiltration	0,016	0,8	Estimation d'ECCC	
Traitement secondaire avec élimination biologique des nutriments	0,016	0,8	GIEC (2019)	
Fosse septique	0,0045	0,68		
Fosse septique avec décharge en mer	0	0,15		
Terres humides	0	1	Estimation d'ECCC	
Autre / inconnu	0,016	0,4	Modélisation en tant que lagune facultative	

Émissions attribuables aux rejets (dans un plan d'eau récepteur)

Les émissions de N_2O provenant des installations d'épuration des eaux usées municipales ont été estimées à l'aide de la quantité d'azote rejeté dans le milieu aquatique. La première étape pour calculer les émissions dans les effluents consiste à déterminer la quantité d'azote qui reste dans les effluents, car une partie de cet azote sera éliminé pendant l'épuration (Tableau A3.6–18). L'élimination de l'azote peut varier de 0 % lorsqu'il n'y a pas d'épuration, à 68 % pour des fosses septiques et des champs d'épuration. Les paramètres sont tirés du Tableau 6.10c de la Révision 2019 du GIEC (GIEC, 2019). ECCC a estimé certains des coefficients d'émission (CE) et des paramètres d'élimination de l'azote pour des technologies de traitement non incluses dans la Révision 2019 du GIEC. Il est supposé que les terres humides éliminent tout l'azote des eaux usées en raison de leur longue durée de résidence et de la forte absorption par la végétation.

Après avoir tenu compte de l'azote éliminé par l'épuration des eaux usées, le reste de l'azote introduit dans les eaux usées est multiplié par le coefficient d'émission de 0,005 kg N_2O-N / kg N_2O-N dans les eaux usées, comme dans l'Équation A3.6–35.

Équation A3.6–35

$$N_2O = CE_{N_2O-N} \times N_{eaux\ usées} \times 44/28$$

N_2O = émissions de N_2O de l'année d'inventaire, en kg N_2O/an

CE_{N_2O-N} = coefficient d'émission pour les émissions de N_2O provenant des rejets dans les eaux usées, en kg de N_2O-N/kg N

$N_{eaux\ usées}$ = azote dans les eaux usées, en kg N/an

$44/28$ = facteur stœchiométrique utilisé pour convertir l'azote en N_2O

La quantité d'azote éliminé avec les boues n'est pas estimée, faute de données sur la concentration d'azote dans les boues d'épuration. La valeur par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC qui a été utilisée est 0.

Tableau A3.6–19 **Apport et consommation canadienne de protéines**

Année	Apport de protéines (FAOSTAT, g/pers./jour)	Consommation de protéines (g/pers./jour)	Consommation de protéines (kg/pers./année)
1990	96,1	35,1	24,5
1991	96,2	35,1	24,6
1992	95,9	35,0	24,5
1993	95,8	35,0	24,5
1994	99,6	36,3	25,4
1995	98,0	35,8	25,0
1996	98,7	36,0	25,2
1997	100,5	36,7	25,7
1998	103,3	37,7	26,4
1999	107,1	39,1	27,4
2000	106,1	38,7	27,1
2001	105,1	38,3	26,8
2002	105,3	38,4	26,9
2003	104,0	38,0	26,6
2004	104,8	38,3	26,8
2005	102,1	37,3	26,1
2006	103,5	37,8	26,5
2007	104,4	38,1	26,7
2008	104,7	38,2	26,8
2009	103,1	37,6	26,4
2010	111,0	40,5	28,4
2011	110,2	40,2	28,2
2012	112,4	41,0	28,7
2013	111,2	40,6	28,4
2014	107,9	39,4	27,6
2015	107,0	39,1	27,3
2016	111,9	40,8	28,6
2017	114,1	41,7	29,2
2018	117,6	42,9	30,0
2019	116,1	42,4	29,7
2020	115,5	42,2	29,5
2021	113,0	41,3	28,9
2022	115,8	42,3	29,6
2023	115,8	42,3	29,6
2024	115,8	42,3	29,6

A3.6.4.3. Traitement et rejet des eaux usées domestiques municipales – CO_2

Les émissions de CO_2 des eaux usées sont d'origine biogène. Selon les Lignes directrices 2006 du GIEC, le CO_2 provenant de la combustion ou de la décomposition de matières biogènes à courte durée de vie, retirées de l'endroit où elles ont été cultivées est considéré comme nul dans le secteur des Déchets. Par conséquent, ces émissions ne sont pas prises en compte pour le traitement des eaux usées.

A3.6.4.4. Traitement et rejet des eaux usées industrielles – CO_2, CH_4 et N_2O

Les estimations des émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant d'installations industrielles dotées d'un système de traitement des eaux usées sur place sont déterminées par installation selon une approche de Niveau 3 (GIEC, 2006).

Sources de données et méthodologie

Une approche de Niveau 3, au niveau des installations, est utilisée pour le Traitement et rejet des eaux usées industrielles, en utilisant les données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES (émissions) et de l'Inventaire national de rejet des polluants (INRP; rejets d'azote dans les plans d'eau récepteurs), ainsi que les données déclarées par les installations au moyen sondages à participation facultative (récupération et émissions de méthane). Les technologies de traitement, les matières organiques (DBO_5), les charges d'azote dans les eaux usées et la récupération du méthane peuvent

varier grandement selon l'installation et le niveau de production, ce qui rend les estimations générales difficiles. Pour cette raison, les émissions déclarées par les installations, les rejets d'azote et la récupération du méthane sont nécessaires pour élaborer les estimations d'émission.

La principale source de données de l'estimation des émissions est le PDGES, qui exige que les installations produisant plus de 10 000 tonnes d'éq. CO_2 déclarent leurs émissions à ECCC. Les installations sont tenues de déclarer les émissions de CH_4 et de N_2O, ainsi que les émissions non biogènes de CO_2 provenant du traitement des eaux usées ainsi que des autres sources de GES ; ces données sont directement utilisées dans le Rapport d'inventaire national (RIN) pour le secteur Traitement et rejet des eaux usées industrielles.

Les données sur la récupération du CH_4 provenant du traitement des eaux usées industrielles ont été recueillies au moyen de sondages à participation facultative. À noter que, contrairement aux estimations des eaux usées municipales ou des sites d'enfouissement, la récupération du CH_4 n'est pas soustraite de la production de méthane, car les émissions déclarées par les installations (PDGES) représentent les émissions nettes et la récupération a déjà été prise en compte.

Les données du PDGES sur les émissions au niveau des installations sont complétées à l'aide d'émissions calculées à partir des quantités de biogaz récupéré déclarées de façon volontaire par des installations, mais qui se trouvent sous le seuil de déclaration du PDGES ou qui visent des périodes précédant la création du PDGES. Les émissions calculées à partir du biogaz récupéré sont fondées sur une perte fugitive de CH_4 présumée de 2,1 % et des émissions de torchage de CH_4 de 0,3 %. Les émissions attribuables à l'utilisation du biogaz sont déclarées dans le secteur Énergie.

Le total des matières organiques (DBO_5) n'est pas déclaré dans le Tableau 5.D des TCD, étant donné que les données à leur égard n'étaient pas disponibles. Les données déclarées au titre du PDGES pour ce secteur ne portent que sur les émissions et ne comprennent pas de données sur les matières organiques. Bien qu'ECCC mène un sondage à participation facultative sur la récupération du méthane de biogaz à partir du traitement des eaux usées industrielles, ce sondage est de portée limitée (ne vise que les installations qui récupèrent du méthane) et ne comprend pas suffisamment de renseignements pour extrapoler les matières organiques dans toutes les installations de traitement des eaux usées industrielles.

Les émissions de N_2O provenant des rejets dans les plans d'eau récepteurs sont calculées en fonction des rejets d'azote déclarés par les installations dans les plans d'eau récepteurs déclarés dans l'INRP. Les émissions de N_2O sont calculées à partir de la charge d'azote dans un plan d'eau récepteur à l'aide de l'Équation A3.6–35 et du (des) même(s) coefficient(s) d'émission que pour les effluents d'eaux usées domestiques. Toutefois, il est à noter que, pour les rejets d'eaux usées industrielles, les types de plans d'eau récepteurs ne sont pas encore déterminés, ce qui signifie que toutes les émissions des effluents sont calculées à partir du type « Plan d'eau non spécifié ». Les émissions de N_2O déclarées au titre du PDGES sont fondées sur l'installation ou le traitement et ne doivent pas comprendre les émissions des plans d'eau récepteurs. Une comptabilisation en double des émissions des plans d'eau récepteurs dans les déclarations présentées au PDGES est possible, mais il est attendu qu'elle soit mineure et qu'elle soit réduite lors de la vérification de la qualité au cours de la déclaration.

Les émissions de CH_4 provenant d'effluents rejetés dans des plans d'eau récepteurs ne sont pas estimées. Les matières organiques (DBO_5) des effluents d'eaux usées industrielles ne sont pas déclarées dans le cadre de l'INRP ni disponibles dans le cadre d'autres programmes de déclaration obligatoire. Les matières organiques dans les effluents ne sont pas faciles à prévoir (ils varient selon les niveaux de production et la technologie de traitement de l'installation).

Les émissions de CO_2 provenant du traitement des eaux usées industrielles sont déclarées par les installations via le PDGES. Elles proviennent d'installations qui effectuent sur site le traitement des eaux usées contenant des intrants organiques fossiles (non biogéniques), tels que la fabrication de produits chimiques, les raffineries de pétrole ou la production de méthanol. Par exemple, le traitement de l'éthylène glycol peut générer des émissions de CO_2 non biogénique à partir de leurs eaux usées. Les émissions de CO_2 non biogénique provenant du traitement des eaux usées sont déclarées dans le Tableau 5 des TCD en utilisant la Catégorie 5.E, car le Tableau 5.D.2 des TCD ne prévoit pas de catégorie spécifique pour le CO_2 non biogénique.

Afin d'assurer la cohérence de la série chronologique, les données sur les émissions, les rejets d'effluents et la récupération de biogaz ont été extrapolées rétrospectivement jusqu'en 1990 (ou prospectivement entre les années des sondages à participation facultative, au besoin), par installation. Les valeurs les plus anciennes et les plus récentes sont maintenues constantes dans le temps. Les écarts dans les données sont complétés au moyen d'une interpolation linéaire. Cela est nécessaire parce que les programmes du PDGES et de l'INRP ont commencé en 2004 et en 2011, respectivement.

ANNEXE 4

COMPARAISON DES APPROCHES SECTORIELLE ET DE RÉFÉRENCE ET BILAN ÉNERGÉTIQUE NATIONAL

A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle 558
A4.2. Méthode de référence 559
A4.3. Bilan énergétique national 561
A4.4. Coefficients d'émission implicites dans les TCD 563

Cette annexe présente les résultats du calcul de l'énergie et des émissions de CO_2 obtenus par la méthode de référence (MR), une comparaison des résultats de la MR à ceux obtenus par la méthode sectorielle (MS) et un résumé du bilan énergétique national, principale source de données pour les deux méthodes. La section A4.4 comporte un exposé général sur les avantages des coefficients d'émission implicites.

A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle

Les résultats de la MR ont été comparés à ceux obtenus par la MS pour vérifier l'énergie disponible par rapport à celle consommée par l'ensemble des secteurs et les émissions de CO_2 correspondantes provenant de l'utilisation de combustibles fossiles. Effectuée pour toutes les années de 1990 à 2024, la procédure fait partie intégrante du rapport présenté en vertu de l'Accord de Paris à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La comparaison directe de la consommation en matière d'énergie de la MR avec celle de la MS fait ressortir des écarts considérables, étant donné que dans la MS, le total des émissions n'inclut pas certaines utilisations non énergétiques des combustibles fossiles et des matières premières. La comparaison des résultats de la MR et de la MS montre un écart d'au moins 11,8 % en énergie. L'exclusion des émissions de sources autres que la combustion liée à l'énergie de certaines matières premières et de certains combustibles fossiles garantit que la MR et la MS comparent des sources similaires. Lorsque les quantités d'énergie établies par la MR tiennent compte des ajustements pour l'utilisation de combustibles fossiles et de matières premières à des fins non énergétiques, la différence entre la MS et la MR ajustée varie de -1,97 % à 1,95 %. Le Tableau A4–1 présente les données de la consommation d'énergie de la MS générée par Tableaux communs de déclaration (TCD) avec l'application des ajustements associés aux utilisations non énergétiques des combustibles fossiles et des matières premières en comparaison avec la MR.

Aucun ajustement n'a été nécessaire en ce qui concerne les émissions estimées par la MR, car le logiciel de déclaration des TCD fourni par la CCNUCC enlève correctement les émissions associées aux utilisations non énergétiques et aux matières premières, pour les réattribuer aux secteurs des procédés industriels et de l'utilisation des produits. La comparaison des émissions estimées par la MR et la MS, comme l'indique le Tableau A4–1, montre un écart global de -1,27 % à 3,98 %.

Tableau A4–1 **Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada**

	1990	2005	2019	2020	2021	2022	2023	2024
COMPARAISON GLOBALE DE L'ÉNERGIE								
Méthode de référence (PJ)								
non rajustée	7 122	9 042	9 683	8 898	9 132	9 362	9 200	9 385
rajustée, avec utilisation de combustibles fossiles et de matières à des fins non énergétiques	6 332	7 931	8 518	7 762	7 975	8 211	7 996	8 135
Méthode sectorielle (PJ)	6 335	7 985	8 640	7 840	8 013	8 244	8 157	8 204
Pourcentage de différence non rajusté (%)	12,4	13,2	12,1	13,5	14,0	13,6	12,8	14,4
Pourcentage de différence rajusté (%)	**-0,04**	**-0,68**	**-1,41**	**-0,99**	**-0,46**	**-0,39**	**-1,97**	**-0,84**
Utilisation de combustibles fossiles et de matières premières à des fins non énergétiques								
Utilisation non énergétique de combustibles gazeux (PJ)	169	163	151	148	157	149	156	156
Utilisation non énergétique de combustibles liquides (PJ)	518	847	933	921	925	929	972	1 016
Utilisation non énergétique de combustibles solides (PJ)	103	102	80	67	75	73	75	79
COMPARAISON GLOBALE DES ÉMISSIONS								
Méthode de référence (Gg CO_2)	415 397	514 567	517 809	466 350	477 555	488 439	472 822	478 459
Méthode sectorielle (Gg CO_2)	411 473	511 674	520 112	466 445	475 107	485 797	478 882	477 459
Pourcentage de différence (%)	**0,95**	**0,57**	**-0,44**	**-0,02**	**0,52**	**0,54**	**-1,27**	**0,21**
Combustibles liquides								
Méthode de référence (Gg CO_2)	207 995	250 346	242 852	206 546	215 663	223 926	213 926	219 784
Méthode sectorielle (Gg CO_2)	203 262	243 890	242 396	206 587	213 139	221 297	217 833	217 259
Pourcentage de différence (%)	**2,33**	**2,65**	**0,19**	**-0,02**	**1,18**	**1,19**	**-1,79**	**1,16**
Combustibles solides								
Méthode de référence (Gg CO_2)	86 944	102 517	48 300	40 382	36 613	29 475	26 091	18 066
Méthode sectorielle (Gg CO_2)	86 860	104 089	48 785	39 943	36 072	28 965	25 764	17 926
Pourcentage de différence (%)	**0,10**	**-1,51**	**-0,99**	**1,10**	**1,50**	**1,76**	**1,27**	**0,78**
Combustibles gazeux								
Méthode de référence (Gg CO_2)	120 006	161 172	225 908	218 661	224 500	234 390	232 035	239 793
Méthode sectorielle (Gg CO_2)	120 899	163 163	228 181	219 155	225 117	234 888	234 515	241 458
Pourcentage de différence (%)	**-0,74**	**-1,22**	**-1,00**	**-0,23**	**-0,27**	**-0,21**	**-1,06**	**-0,69**

A4.2. Méthode de référence

La MR suit la méthodologie présentée dans les Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et se sert des contenus énergétiques propres à chaque pays (en pouvoir calorifique supérieur [PCS]) par type de combustibles et coefficient d'émission. Le Canada utilise le PCS pour indiquer la teneur énergétique des combustibles conformément aux exigences de déclaration, que ce soit pour les PCS ou les pouvoirs calorifiques nets (PCN). Les quantités de combustibles déclarées par les industries dans plusieurs sondages à Statistique Canada (StatCan), quantités alimentant la compilation du *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (StatCan, s.d.), sont exprimées en unités physiques. Le Chapitre 3, section 3.5.1, Combustibles de soute internationaux; et les sections A3.1.4.2.2 Aviation civile, et A3.1.4.2.3 Transport maritime présentent l'allocation de combustible pour les soutes.

Dans le cas des combustibles primaires (pétrole brut, éthane, liquides du gaz naturel, charbon et gaz naturel), les données sur les changements des stocks ont été ajustées pour tenir compte des transferts entre les produits, de la variation des stocks et d'autres corrections, lesquels sont tous déclarés séparément dans le BDEE et ont tous une incidence directe sur la disponibilité de combustible. La consommation apparente du combustible est déterminée à partir de ces valeurs ajustées des changements des stocks. De même, les données de changement des stocks de combustibles secondaires tiennent compte des transferts entre les produits, des combustibles de soute internationaux, de la variation des stocks et d'autres corrections.

Une fois la consommation apparente établie, les contenus énergétiques des combustibles et les coefficients d'émission de carbone propres au pays servent à calculer la teneur en carbone et les émissions. Les sources des valeurs du contenu énergétique et les coefficients d'émission et facteurs d'oxydation appliqués se trouvent au Tableau A4–2.

Pour la MR, le BDEE a fourni les valeurs du contenu énergétique, sauf pour le charbon, le pétrole brut, le mazout lourd, le GPL, le gaz naturel, le GNL, le coke de pétrole et le gaz de distillation, dont les facteurs pondérés, calculés annuellement, tiennent compte de la quantité et de la variation de la teneur énergétique au point de consommation, comme pour l'utilisation commerciale ou l'utilisation à l'interne. Par exemple, dans les provinces productrices de gaz naturel, il existe des coefficients d'émission uniques pour le gaz naturel marchand, vendu aux consommateurs, et pour le gaz naturel non marchand, consommé directement par les producteurs de gaz naturel. La composition du gaz naturel non marchand contient plus d'hydrocarbures complexes et moins de méthane (CH_4) que celle du gaz marchand qui typiquement a une teneur en CH_4 est supérieure à 92 %.

Tableau A4–2 **Contenus énergétiques et coefficients d'émission applicables au Canada selon la méthode de référence**

Types de combustible			Contenu énergétique, PCS			Coefficient d'émission de carbone (t C/TJ PCS) – valeur 2024	Référence	Facteurs d'oxydation	Commentaires
			Valeur 2024	Unité	Référence				
Liquide	Combustibles primaires	Pétrole brut	39,52	TJ/ML	Voir notes	18,83	Voir notes	1,0	Le contenu énergétique et les coefficients d'émission pondérés sont propres au pays.
		Éthane	17,22	TJ/ML	4	15,46	2	1,0	La totalité de l'éthane disponible est consommée comme matière première dans les procédés industriels.
		Orimulsion	S.O.	–	–	S.O.	–	1,0	-
		Liquides de gaz naturel	25,46	TJ/ML	–	16,35	–	1,0	Propane et butane provenant de liquides de gaz naturel.
	Combustibles secondaires	Bitume	44,46	TJ/ML	4	21,11	3	1,0	Utilisation d'asphalte.
		Gaz-oil ou carburant diesel	38,35	TJ/ML	4	19,06	2	1,0	Utilisation de carburant diesel.
		Essence	33,45	TJ/ML	4	18,81	2	1,0	Utilisation d'essence pour moteurs.
		Kérosène (avion à réaction)	37,40	TJ/ML	4	18,67	2	1,0	Utilisation de combustible pour avion à réaction.
		Gaz de pétrole liquéfiés (GPL)	27,16	TJ/ML	4	16,59	2	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays pour le propane et le butane provenant de raffineries de pétrole.
		Lubrifiants	39,16	TJ/ML	4	19,66	3	1,0	Utilisation d'huiles et de graisses lubrifiantes.
		Naphte	35,17	TJ/ML	4	19,34	3	1,0	Utilisation de produits spéciaux à base de naphte.
		Kérosène (autre)	37,68	TJ/ML	4	18,53	2	1,0	Utilisation de kérosène et de pétrole de chauffage.
		Pétrole (autre)	38,8	TJ/ML	4	19,35	2	1,0	Utilisation de mazout léger.
		Coke de pétrole	35,86	TJ/ML	4	23,17	4	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur les coefficients d'émission disponibles pour le raffinage et la valorisation (des sables bitumineux au brut synthétique).
		Matières premières pour raffineries	35,17	TJ/ML	4	19,34	3	1,0	Utilisation de matières premières pétrochimiques dans les procédés industriels.
		Mazout résiduaire	42,5	TJ/ML	4	20,25	2	1,0	Utilisation de mazout lourd.
		Huile de schiste	S.O.	–	–	S.O.	–	–	-
		Gaz de distillation	39,35	TJ/ML	4	13,57	4	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur les coefficients d'émission disponibles pour le raffinage et la valorisation (des sables bitumineux au brut synthétique).
	Autres combustibles liquides	Essence d'aviation	33,52	TJ/ML	4	19,24	3	1,0	Utilisation d'essence d'aviation.
		Autres matières premières	39,82	TJ/ML	4	19,84	3	1,0	Utilisation d'autres produits.
Solide	Combustibles primaires	Anthracite	31,60	TJ/kt	4	26,73	3	0,988	Utilisation d'anthracite.
		Autre charbon bitumineux	28,38	TJ/kt	4	21,26	6	0,988	Utilisation de charbon bitumineux canadien.
		Charbon subbitumineux	22,63	TJ/kt	4	25,04	6	0,994	Utilisation de charbon sub-bitumineux.
		Lignite	16,29	TJ/kt	4	24,49	5, 6	0,996	Utilisation de lignite.
		Huile de schiste	S.O.	–	–	S.O.	–	–	-
		Tourbe	S.O.	–	–	S.O.	–	–	-
	Combustibles secondaires	Coke	28,83	TJ/kt	4	30,02	2	1,0	Mentionné précédemment en tant que charbon à coke.
		BC et carburant breveté	S.O.	–	–	S.O.	–	–	-
		Gaz de four à coke	19,14	TJ/GL	4	9,79	2	–	Utilisation de gaz des fours à coke.
	Autres combustibles solides	Charbon bitumineux étranger	29,82	TJ/kt	4	23,63	5, 6	0,987	Utilisation de charbon bitumineux étranger.
Gazeux	Combustibles primaires	Gaz naturel	38,52	TJ/GL	4	13,79	2	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur la proportion de gaz naturel commercialisable et non commercialisable.
Biomasse		Déchets municipaux solides	10,50	TJ/kt	1	26,05	1	1,0	Se compose de la combustion de biomasse dans les sites d'enfouissement à des fins énergétiques.
		Biomasse solide	16,51	TJ/kt	4	21,88	7, 8	1,0	Se compose de la consommation industrielle et résidentielle de biomasse.
		Biomasse liquide	17,90	TJ/kt	4	18,62	3, 9	1,0	Se compose de liqueurs résiduaires, d'éthanol et de biodiesel.
		Biomasse gazeuse	42,78	TJ/Gl	1	13,54	1	1,0	Se compose de méthane provenant de gaz d'enfouissement, de gaz de boues et de gaz des digesteurs.

Notes :
Références : (1) GIEC (2006); (2) McCann (2000); (3) Jaques (1992); (4) Statistique Canada, numéro 57-003 (données de 2024); (5) ECCC (2016); (6) ECCC (2023); (7) ECCC (2020); (8) ECCC (2024); (9) ICFPA/NCASI (2011).
S.O. = Sans objet; PCS = pouvoir calorifique supérieur; BC = briquettes de charbon; LGN = liquides de gaz naturel; GPL = gaz de pétrole liquéfiés

A4.3. Bilan énergétique national

Cette section fournit des renseignements généraux sur le bilan énergétique national et son cadre de qualité des données. Au Canada, le Centre de la statistique de l'énergie et des transports (CSET) de StatCan est responsable de la collecte, de la compilation et de la diffusion des données sur l'énergie en vertu de la *Loi sur la statistique* (Gouvernement du Canada, 1985). Le BDEE est la principale source de données sur les activités servant à estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur de l'énergie. En tant que source de données sur les activités, les renseignements sur les produits non énergétiques et les matières premières tirés du BDEE servent également à estimer les émissions du secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits. Le BDEE comptabilise les formes d'énergie au Canada en tenant compte des importations et exportations, de la production, des changements de stock, du transfert entre produits (p. ex., du gaz naturel à l'hydrogène) et de la consommation à l'échelle nationale (voir la Figure A4–1 pour le diagramme sur le flux d'énergie, 2024 [CCIE, 2025]). Le bulletin contient des renseignements sur le pétrole brut, le gaz naturel, le charbon, les produits pétroliers raffinés, l'électricité, la vapeur, l'utilisation non énergétique des combustibles fossiles, les matières premières et les autres formes d'énergie secondaire pour tous les secteurs industriels du Canada, et sur d'autres utilisations de l'énergie, notamment dans les secteurs résidentiel et commercial ainsi que dans le secteur des transports.

Les données sur l'énergie et les combustibles fossiles sont recueillies au moyen d'une combinaison de sondages annuels et mensuels et de données de recensement de l'industrie, d'organismes fédéraux (comme la Régie de l'énergie du Canada [REC]), de ministères et d'organismes provinciaux responsables de l'énergie (comme l'Alberta Energy Regulator [AER] et l'Alberta Utilities Commissions [AUC]), et du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC). La Figure A4–2 présente un échantillon de données sur l'énergie et les combustibles fossiles qui sont entrées dans le BDEE. Les renseignements sur le pétrole et le gaz naturel fournis par l'AER sont considérés comme précis, car ils sont liés aux permis d'exploitation pétrolière et gazière et aux régimes de redevances fédéraux et provinciaux.

Figure A4–1 **Diagramme sur le flux d'énergie au Canada, 2024 (BDEE) (CCIE, 2025)**

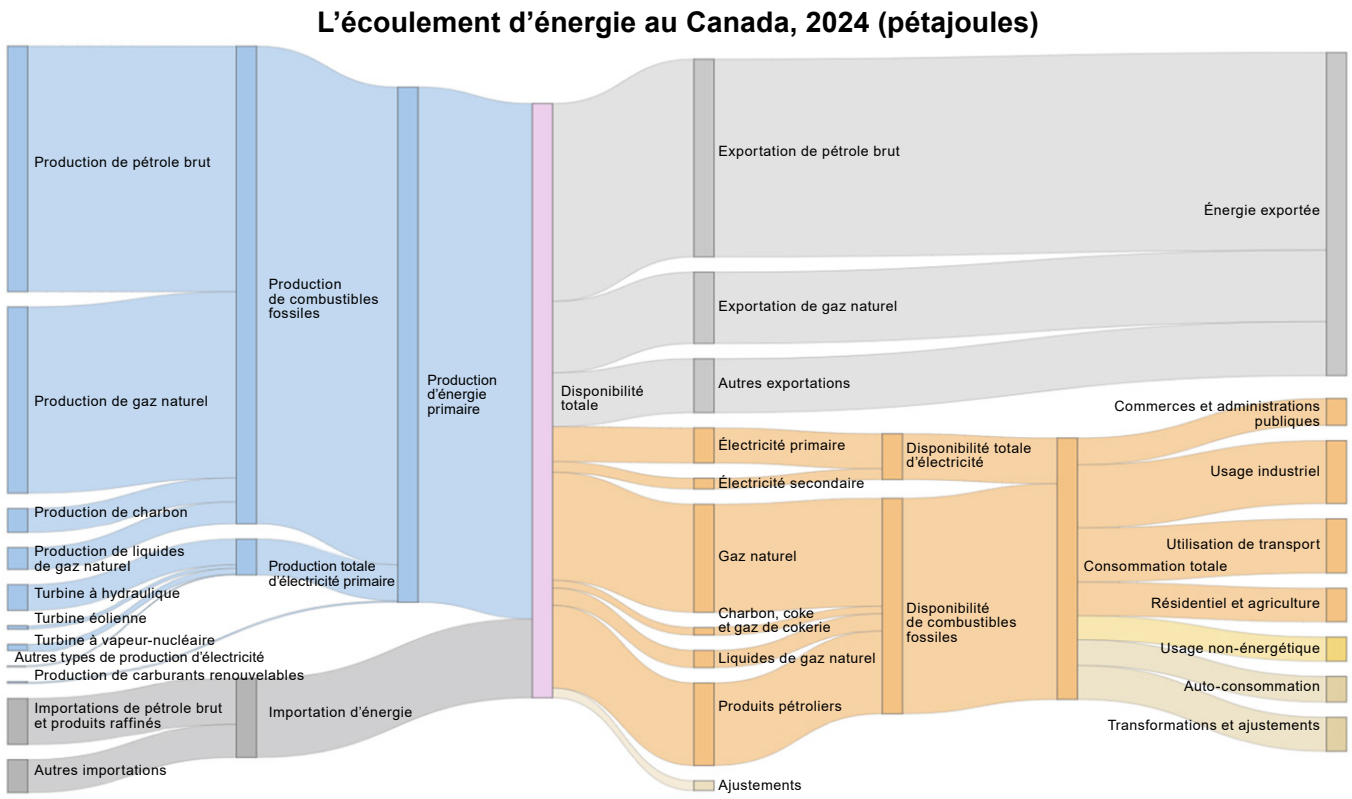
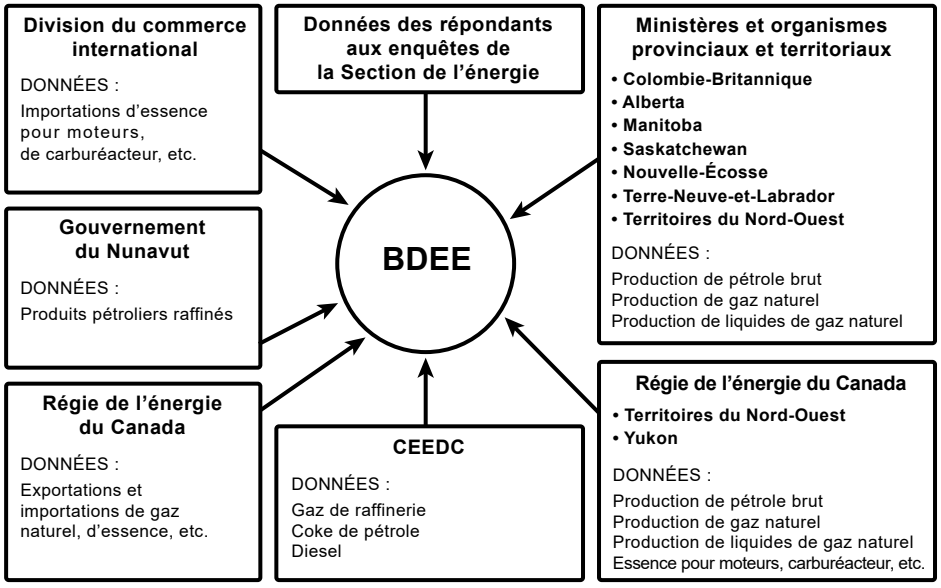


Figure A4–2 **Sources des données du BDEE sur les combustibles fossiles et l'énergie**



Notes :
BDEE = Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie
CEEDC = Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions

Divers ministères fédéraux se servent du BDEE dans les programmes sur l'efficacité énergétique, l'élaboration de politiques, la prévision des émissions et de la consommation d'énergie, et les rapports présentés aux termes de la CCNUCC. Le système de gestion de la qualité du BDEE de la CSET comprend un processus d'examen interne et externe par les intervenants, une documentation complète de StatCan du cadre d'assurance de la qualité et des lignes directrices en matière de qualité disponibles en ligne (StatCan, 2017, 2019). La CSET a aussi établi des partenariats avec divers ministères fédéraux, des ministères provinciaux de l'énergie, des associations industrielles et des centres d'excellence qui contribuent aux processus d'assurance qualité.

Les critères de qualité suivants sont essentiels à l'élaboration du BDEE, tel qu'il est énoncé par StatCan : la pertinence, l'exactitude et la fiabilité, l'actualité et la ponctualité, l'accessibilité et la clarté, la cohérence et la comparabilité, et la possibilité d'interprétation et les métadonnées.

Il existe d'autres procédures de vérification interne de la qualité des données recueillies auprès des ministères provinciaux de l'Énergie et dans le cadre de diverses enquêtes sur la disponibilité, l'écoulement et la consommation d'énergie. Par exemple, les quantités de pétrole brut déclarées par le producteur sont vérifiées en fonction des quantités de pétrole reçues par les compagnies de pipeline; les renseignements déclarés par celles-ci sont ensuite comparés aux quantités reçues par les raffineries. La CSET combine une méthode descendante au moyen des enquêtes sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie à une méthode ascendante au moyen de l'enquête sur la consommation industrielle d'énergie (CIE) pour vérifier la qualité des données du secteur manufacturier. L'enquête sur la CIE recueille des données sur la consommation de combustibles directement auprès des entreprises manufacturières définies selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). De plus, l'enquête annuelle sur les distributeurs secondaires de produits pétroliers raffinés (EPPR) recueille des données sur les volumes de ventes en vue de réattribuer les volumes de mazout lourd, de mazout léger, de diesel, de mélanges diesel-biodiesel et d'essence à l'éthanol aux secteurs de consommation appropriés. Cette enquête est nécessaire en raison de la déréglementation de la vente exclusive de ces produits par les producteurs primaires (raffineries) pour inclure les détaillants et distributeurs secondaires. Avant cette amélioration, les volumes de combustible signalés dans le secteur commercial incluaient à tort toutes les ventes des raffineries aux distributeurs secondaires. La déréglementation de la vente de ces quatre types de combustibles a commencé vers l'an 2000. Une approche uniforme a été appliquée à l'ensemble de données antérieures pour corriger les volumes de combustible mal attribués entre 2000 et 2008, puisque la collecte de données sur les volumes de ventes au moyen de l'EPPR n'a commencé qu'en 2009.

Par ailleurs, en tant que partie intégrante du cadre de qualité de la CSET, un examen annuel des « travaux en cours » a été mis sur pied en collaboration avec Environnement et Changement climatique Canada et Ressources naturelles Canada afin de réviser les données de la CIE et du BDEE avant leur publication officielle. Des intervenants de l'industrie participent également à l'examen des données sur la CIE par l'entremise du groupe du Partenariat d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). Le CEEDC participe aussi à l'examen des données des raffineries et des statistiques sur l'énergie de l'industrie.

A4.4. Coefficients d’émission implicites dans les TCD

Les experts réviseurs du CCNUCC utilisent le logiciel de déclaration des TCD générant les coefficients d’émission implicites (CEI) pour un contrôle initial de la présence éventuelle de valeurs aberrantes. Ce type de vérification s’avère utile, notamment dans le cas d’une comparaison directe de combustibles commerciaux identiques produits dans des pays différents. En effet, chacun de ces combustibles est produit selon des normes de spécifications en matière de qualité et de composition prévoyant des intervalles de valeurs acceptables de teneur en carbone et de pouvoir calorifique. Les combustibles commerciaux tels que l’essence pour moteurs, le diesel et le mazout léger ont des spécifications semblables partout dans le monde, ce qui explique des écarts entre les CEI de quelques points de pourcentage seulement. Cependant, dans le cas de combustibles comme le gaz naturel (brut), le pétrole brut ou le charbon (bitumineux, subbitumineux, etc.) non marchand, les écarts de pourcentages peuvent beaucoup varier en raison des différences locales liées à la géologie, aux gisements et à la classification des combustibles (surtout dans le cas du charbon).

La vérification des valeurs aberrantes de CEI est peu fiable lorsque les combustibles sont regroupés dans les catégories 1.A.1 à 1.A.4 des TCD selon qu’ils sont solides, liquides ou gazeux ou qu’ils constituent de la biomasse. Dans le cas des pays consommant à la fois des combustibles commerciaux et non commerciaux, notamment les pays producteurs d’énergie où les combustibles non commerciaux et non marchands sont facilement accessibles et consommés en grandes quantités, la vérification des CEI peut révéler un grand nombre de valeurs aberrantes dans certains secteurs et groupes de combustibles (c.-à.-d. les combustibles gazeux et liquides). De manière générale, les grands pays producteurs d’énergie primaire (bitume, pétrole brut, gaz naturel, etc.) consomment une proportion importante de combustibles non commerciaux par rapport aux pays produisant peu ou pas d’énergie primaire et consommant principalement des combustibles commerciaux. Dans tous ces cas, la prise en compte de l’incidence qu’ont les situations de chaque pays sur les CEI, soit en augmentant les intervalles de ces derniers, soit en vérifiant les CEI combustible par combustible, permettrait d’accroître l’efficacité des contrôles de la qualité des données.

Au Canada, des vérifications des CEI combustibles par combustible plutôt que par groupe de combustibles permettent de mieux comprendre leur influence sur la génération de valeurs aberrantes.

- Cette distinction permet d’estimer les proportions relatives des combustibles commerciaux et non commerciaux dans chaque groupe de combustible.
- Elle montre comment la combinaison de combustibles commerciaux et non commerciaux à large spectre de densités de carbone et d’énergie se répercute sur le CEI de chacun des combustibles.

Par exemple, les CEI des combustibles liquides au Canada peuvent être relativement élevés étant donné la combustion de grandes quantités de coke de pétrole et de gaz de distillation. Dans le cas des combustibles gazeux, les CEI peuvent s’avérer élevés parce que certains producteurs d’énergie consomment des quantités importantes de gaz naturel non marchand.

Le Tableau A4–2 illustre le grand écart de teneurs en carbone qui existent entre les groupes de combustibles et montre qu’au sein du groupe des combustibles liquides secondaires à usage commercial, la teneur en carbone varie entre 13,57 t C/TJ et 23,17 t C/TJ. Dans le cas des catégories des TCD consommant une grande quantité de gaz de distillation ou de coke de pétrole (raffineries et usines de traitement) en comparaison avec les produits pétroliers raffinés de qualité commerciale, les CEI des combustibles liquides présentent dans l’ensemble des valeurs aberrantes puisqu’elles sont supérieures aux moyennes internationales.

Comme le Canada produit une grande quantité de combustibles fossiles, les catégories suivantes généreront vraisemblablement des valeurs aberrantes de CEI : 1A1b Raffinage du pétrole, 1A1ci Fabrication de combustibles solides et 1A1cii Extraction de pétrole et de gaz. Comme indiqué précédemment, la vérification des catégories du CEI devrait se faire combustible par combustible ou en comparaison avec les pays ayant des profils industriels similaires. Les résultats et analyses obtenus seraient ainsi plus faciles à comparer.

PRÉCURSEURS D'OZONE ET D'AÉROSOLS

La Conférence des Parties de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)[1] et les exigences en matière de déclaration (modalités, procédures et lignes directrices [MPL] pour le cadre de transparence dans le cadre de l'Accord de Paris[2]) recommandent que les Parties fournissent des renseignements sur les émissions indirectes de gaz à effet de serre (GES), tels que le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), ainsi que les oxydes de soufre (SO_x) dans leur rapport d'inventaire national.

Les aérosols sont des particules liquides, solides, ou mixtes en suspension dans l'atmosphère. Les particules d'aérosol sont soit émises directement dans l'atmosphère, soit produites dans l'atmosphère à partir de gaz précurseurs. Ces gaz n'ont pas un effet de réchauffement planétaire direct, mais ils peuvent avoir une incidence sur la formation ou la destruction de l'ozone troposphérique et stratosphérique (O_3) ou encore influer sur l'absorption du rayonnement terrestre, comme le font les SO_x. Les GES indirects peuvent avoir des répercussions sur le climat en se comportant comme des GES de courte durée. Ils peuvent modifier aussi la durée de vie dans l'atmosphère d'autres GES et réagir rapidement afin de produire de nouveaux GES, par exemple lorsque le CO réagit avec un radical hydroxyle (OH), une réaction d'oxydation, pour former du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère, d'où l'étiquette « GES indirects ». Les émissions de ces précurseurs sont produites par un certain nombre de sources comme la combustion de combustibles fossiles dans les secteurs de l'énergie et du transport, la production industrielle, et la combustion de biomasse.

L'information sur les émissions des précurseurs d'ozone et d'aérosols au Canada, y compris le CO, les NO_x, les COVNM et les SO_x est disponible dans le Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada[3].

Le Canada rapporte aussi les émissions indirectes de CO_2 qui proviennent de l'oxydation atmosphérique du CO émis lors de l'incinération de biomasse, sur place, suivant les activités de récolte forestière et de conversion des forêts, émissions déclarées dans le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et rapportées dans le tableau 6 des Tableaux communs de déclaration[4] (TCD). Les totaux nationaux sont présentés dans les tableaux 10 et le sommaire 2 des TCD, avec et sans les « émissions indirectes de CO_2 » conformément au paragraphe 52 des MPL. Pour des précisions sur la source de ces émissions indirectes, veuillez consulter le Chapitre 6 et l'Annexe 3.5.

1 Adopté par la Décision 24/CP.19 (2014), voir le paragraphe 29 pour des informations sur les gaz précurseurs, disponibles à https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2013/cop19/fre/10a03f.pdf.

2 Adopté par la Décision 18/CMA.1 (2018), voir le paragraphe 51 pour des informations sur les GES indirects, disponibles à https://unfccc.int/sites/default/files/resource/l23f_0.pdf.

3 Le Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada est disponible à l'adresse : http://www.canada.ca/IEPA.

4 De plus amples informations sur les soumissions du RIN (comprenant un rapport et des TCD) sont disponibles à l'adresse https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/reporting-and-review-under-the-paris-agreement/national-inventory-reports, tandis que les TCD complets soumis par le Canada sont disponibles sur la page des soumissions de l'inventaire national, accessible par le même lien.

ANNEXE 6

COEFFICIENTS D'ÉMISSION

A6.1.	Utilisation de combustibles	565
A6.2.	Procédés industriels	579
A6.3.	Fabrication et utilisation d'autres produits	584
A6.4.	Agriculture	585
A6.5.	Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	598
A6.6.	Combustion de la biomasse	607
A6.7.	Déchets	609

La présente annexe résume la façon dont les coefficients d'émission (CE) servent à estimer l'inventaire annuel de GES du Canada. Les tableaux de l'Annexe 6 se trouvent en format Excel (.xlsx) sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada[1]. L'Annexe 3 propose des détails supplémentaires sur les méthodes propres aux secteurs quant à l'utilisation de ces coefficients.

A6.1. Utilisation de combustibles

A6.1.1. Gaz naturel et liquides de gaz naturel

A6.1.1.1. Dioxyde de carbone (CO_2)

Les coefficients d'émission de CO_2 résultant de l'utilisation de combustibles fossiles dépendent essentiellement de propriétés du combustible comme la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorifique et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Pour ce qui est du gaz naturel, il en existe deux principaux types brûlés au Canada : le combustible marchand (traité pour être vendu dans le commerce) et le combustible non marchand (non traité, pour une utilisation interne). Des variations régionales caractérisent l'utilisation du gaz naturel ; neuf régions consomment du combustible marchand et sept régions du combustible non marchand.

Pour la période allant de 1990 à 1998, les coefficients d'émission provinciaux et territoriaux pour le gaz naturel marchand (Tableau A6.1–1) ont été calculés à l'aide des données des analyses chimiques d'échantillons représentatifs de gaz naturel prélevés en 1998 (McCann, 2000). Les divers échantillons utilisés aux fins de l'analyse chimique comprenaient, le cas échéant, du gaz naturel importé et du gaz naturel canadien.

Pour la période allant de 2005 à 2018, un expert de l'industrie a été chargé de collaborer avec l'industrie de transport et de distribution de gaz naturel pour définir les réseaux provinciaux d'écoulement de gaz naturel et recueillir des données antérieures. Plus de 500 000 points de données ont été recueillis pendant cette période à plusieurs endroits importants, tels que des canalisations de transport, des lieux de transfert interprovinciaux, des lieux de stockage, des lieux d'importation et d'exportation et des réseaux de distribution aux consommateurs, endroits pour lesquels des données sur le débit volumétrique et la composition ont été mesurées et sont communicables. À l'aide de ces données, les coefficients d'émission et la valeur énergétique du gaz naturel marchand ont été mis à jour pour les années 2005 à 2024 (Tableau A6.1–1) pour tenir compte d'une augmentation graduelle des hydrocarbures complexes dans le flux de gaz naturel contrebalançant la diminution d'environ 2 % du méthane pendant la même période. Les données recueillies par l'entrepreneur ont subi d'autres analyses (ECCC, 2021) qui ont révélé que depuis la dernière fois qu'il a été mesuré, en 1998, le pourcentage de méthane dans la composition du gaz naturel a varié de 1999 à 2004. Cette variation a entraîné un changement progressif des paramètres et des émissions du gaz naturel de 2004 et de 2005. Pour minimiser l'effet de ce changement graduel, ECCC a revu les paramètres du gaz naturel des années intermédiaires de 1999 à 2004 à l'aide d'une simple interpolation linéaire.

1 https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr

Tableau A6.1–1 **Coefficients d'émission du CO_2 pour le gaz naturel marchand**

Année	Coefficients d'émission (g/m^3)[a]													
	Canada	BC	AB	SK	MB	QC	ON	NB	NS	PE	NL	YT	NT[b]	NU
1990	1 899	1 926	1 928	1 829	1 886	1 887	1 888	1 901	1 901	1 901	1 901	1 901	2 466	I
1995	1 899	1 926	1 928	1 829	1 886	1 887	1 888	1 901	1 901	1 901	1 901	1 901	2 466	I
2000	1 895	1 918	1 923	1 839	1 880	1 880	1 881	1 884	1 884	1 884	1 884	1 900	2 466	1 900
2005	1 883	1 898	1 911	1 864	1 864	1 864	1 865	1 864	1 864	1 864	1 867	1 898	2 466	1 898
2006	1 878	1 896	1 917	1 855	1 855	1 854	1 855	1 855	1 855	1 855	1 862	1 896	2 466	1 896
2007	1 881	1 901	1 910	1 857	1 857	1 858	1 859	1 858	1 858	1 858	1 856	1 901	2 466	1 901
2008	1 887	1 906	1 910	1 863	1 863	1 865	1 865	1 864	1 864	1 864	1 860	1 906	2 466	1 906
2009	1 889	1 900	1 920	1 861	1 861	1 865	1 863	1 862	1 862	1 862	1 865	1 900	2 466	1 900
2010	1 891	1 902	1 923	1 860	1 862	1 868	1 869	1 865	1 865	1 865	1 864	1 902	2 466	1 902
2011	1 893	1 900	1 921	1 866	1 866	1 870	1 871	1 869	1 869	1 869	1 869	1 900	2 466	1 900
2012	1 905	1 899	1 931	1 874	1 873	1 882	1 888	1 880	1 880	1 880	1 873	1 899	1 899	1 899
2013	1 910	1 909	1 933	1 875	1 873	1 884	1 896	1 887	1 887	1 887	1 886	1 909	1 909	1 909
2014	1 912	1 912	1 930	1 878	1 875	1 882	1 896	1 887	1 887	1 887	1 892	1 912	1 912	1 912
2015	1 924	1 939	1 943	1 881	1 905	1 911	1 911	1 912	1 912	1 912	1 900	1 939	1 939	1 939
2016	1 932	1 941	1 954	1 897	1 896	1 907	1 915	1 908	1 908	1 908	1 914	1 941	1 941	1 941
2017	1 936	1 955	1 955	1 900	1 903	1 915	1 916	1 910	1 910	1 910	1 914	1 955	1 955	1 955
2018	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 918	1 966	1 966	1 966
2019	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2020	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2021	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2022	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2023	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2024	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 919	1 966	1 966	1 966

Notes :
Le terme « marchand » s'applique au combustible consommé par les sous-secteurs Services publics, Industriel, Résidentiel, Commercial et Transports.
I = Inexistant
a. Années 1990 à 1998, McCann (2000). Années 1999 à 2024, ECCC (2021).
b. Avant 2012, le gaz naturel consommé était du gaz naturel régional non marchand. Depuis 2012, du gaz naturel marchand est importé de la Colombie-Britannique.

Les coefficients d'émissions des gaz à effet de serre (GES) non marchand pour l'Alberta (Tableau A6.1–2), dont la date varie de 1913 à 2016, ont été mis à jour à l'aide de plus de 400 000 échantillons de gaz brut, obtenus de l'Alberta Energy Regulator (AER) par le laboratoire de recherche sur l'énergie et des émissions (EERL) de l'Université de Carleton (EERL, 2020). EERL a compilé et analysé les données obtenues auprès de Petrinex (2010–2024) pour fournir les émissions moyennes des gaz par canton et une moyenne des coefficients d'émission de CO_2 annuels par province.

ECCC a établi les coefficients d'émission du gaz naturel non marchand en Colombie-Britannique à partir de données d'analyse d'échantillons prélevés dans des milliers de puits de la province (BCER, s.d. [a]). Employées dans la procédure de EERL (2020), ces données d'échantillons ont servi à estimer la composition du gaz naturel y étant produit dans chaque puits. Les données de production de gaz au puits (BCER, s.d. [b]) ont été liées aux données sur la composition finale du gaz naturel et ont servi à établir des compositions moyennes pondérées par la production pour les années 1990 à 2024, qui ont ensuite servi à calculer les coefficients d'émission de CO_2 annuels moyens.

Le gaz naturel non marchand est produit et consommé aux installations pétrolières et gazières extracôtières de Terre-Neuve-et-Labrador. Les coefficients d'émission de CO_2 du gaz naturel non marchand pour ces installations extracôtières ont été calculés à partir des données sur les émissions déclarées au Programme de déclaration des GES (ECCC, 2024a) et des volumes de combustible et de torchage déclarés par les installations à la Régie Canada-Terre-Neuve-et Labrador de l'énergie extracôtière (RC-TNLEE, 2024).

Généralement, les coefficients d'émission du gaz naturel non marchand (Tableau A6.1–2) sont supérieurs à ceux des combustibles marchands (Tableau A6.1–1) en raison de leur nature brute et non transformée et du fait que les hydrocarbures complexes ne sont pas éliminés avant leur utilisation. En plus du méthane, les gaz naturels marchands et non marchands peuvent comprendre de l'éthane, du propane, du butane et d'autres hydrocarbures plus complexes.

Les coefficients d'émission de CO_2 (Tableau A6.1–3) pour les liquides de gaz naturel (LGN), comme l'éthane, le propane et le butane, ont été établis d'après les données de l'analyse chimique des combustibles marchands (McCann, 2000).

A6.1.1.2. **Méthane (CH_4)**

Les émissions de CH_4 résultant des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A6.1–3, Tableau A6.1–4 et Tableau A6.1–5) ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada. Pour la plupart des sources, les coefficients ont été évalués selon un vaste examen des coefficients d'émission qui se rattachent aux technologies de combustion (SGA, 2000). Le coefficient d'émission générique relatif à la consommation de gaz naturel par le producteur dans le Tableau A6.1–4 a été calculé en fonction de l'écart des technologies dans l'industrie du pétrole et du gaz en amont (ACPP, 1999) et des coefficients d'émission propres à chaque technologie se trouvant dans le rapport AP 42 de l'Agence de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis (EPA, 1996a). Les valeurs par province du Tableau A6.1–5 ont été calculées selon la même méthode, mais les volumes de combustibles ayant servi à pondérer les facteurs d'émissions ont été mis à jour pour refléter la distribution annuelle de la consommation des producteurs au sein de l'industrie pétrolière et gazière en amont.

A6.1.1.3. **Oxyde nitreux (N_2O)**

Les émissions de N_2O résultant de l'utilisation de combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A6.1–3 et Tableau A6.1–4) ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Tableau A6.1–2 **Coefficients d'émission du CO_2 pour le gaz naturel non marchand**

Année	Coefficients d'émission (g/m^3)												
	BC[a]	AB[b]	SK	MB	QC	ON	NB	NS	PE	NL[c]	YT	NT	NU
1990	1 946	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	I	2 401	2 466	I
1995	1 960	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	I	2 401	2 466	I
2000	1 980	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	C	2 401	2 466	I
2005	1 940	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 299	2 401	2 466	I
2006	1 942	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 298	2 401	2 466	I
2007	1 943	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 294	2 401	2 466	I
2008	1 938	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 327	2 401	2 466	I
2009	1 939	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 309	2 401	2 466	I
2010	1 941	2 054	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 276	2 401	2 466	I
2011	1 941	2 062	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 220	2 401	2 466	I
2012	1 956	2 068	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 281	2 401	2 466	I
2013	1 973	2 071	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 272	2 401	2 466	I
2014	1 998	2 075	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 263	2 401	2 466	I
2015	2 017	2 081	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 260	2 401	2 466	I
2016	2 052	2 089	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 261	2 401	2 466	I
2017	2 070	2 093	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 250	2 401	2 466	I
2018	2 109	2 101	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 191	2 401	2 466	I
2019	2 128	2 106	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 218	2 401	2 466	I
2020	2 144	2 109	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 274	2 401	2 466	I
2021	2 164	2 109	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 210	2 401	2 466	I
2022	2 172	2 112	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 340	2 401	2 466	I
2023	2 177	2 112	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 260	2 401	2 466	I
2024	2 199	2 115	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 290	2 401	2 466	I

Notes :
Le terme « non marchand » s'applique au gaz brut ou non traité consommé, principalement par les producteurs de gaz naturel.
I = Inexistant
C = Confidentiel
a. Calculé par ECCC à partir d'échantillons prélevés aux puits et de données de production déclarées à l'organisme réglementaire provincial (BCER, s.d. [b]; [c]).
b. Adapté de l'EERL (2020) à partir des données volumétriques annuelles de Petrinex (2010–).
c. Calculé à partir d'ECCC (2025) et de la RC-TNLEE (s.d.).
Les données de toutes les autres provinces/territoires proviennent de McCann (2000).

Tableau A6.1–3 Coefficients d'émission des liquides de gaz naturel

Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO_2	CH_4	N_2O
Propane			
Résidentiel	1 515[a]	0,027[b]	0,108[b]
Toutes les autres utilisations	1 515[a]	0,024[b]	0,108[b]
Éthane	986[a]	0,024[b]	0,108[b]
Butane	1 747[a]	0,024[b]	0,108[b]

Notes :
a. McCann (2000)
b. SGA Energy (2000)

Tableau A6.1–4 Coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O pour le gaz naturel

Source	Coefficient d'émission (g/m^3)[a]	
	CH_4	N_2O
Centrales électriques – services publics	0,490	0,049
Industrie	0,037	0,033
Consommation du producteur (non marchand)	6,4[b]	0,060
Consommation du producteur (non marchand) – Terre-Neuve-et-Labrador	0,490	0,060
Pipelines	1,9	0,050
Ciment	0,037	0,034
Industries manufacturières	0,037	0,033
Résidentiel, construction, commercial et institutionnel, agriculture	0,037	0,035

Notes :
a. SGA Energy (2000).
b. Adapté de l'U.S. EPA (1996) et de l'ACPP (1999). Non applicable en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan.

Tableau A6.1–5 Coefficients d'émission du CH_4 pour la consommation des producteurs de gaz naturel dans les provinces de l'Ouest

Année	Coefficients d'émission (g/m^3)						
	BC[a]	AB[b]	SK[c]	Année	BC[a]	AB[b]	SK[c]
1990	8,85	6,40	6,02	2008	9,04	8,55	4,55
1991	8,85	6,40	6,42	2009	9,03	8,51	4,44
1992	8,85	6,40	6,29	2010	8,91	8,52	4,10
1993	8,85	6,40	5,99	2011	8,80	8,58	3,80
1994	8,85	6,40	5,71	2012	8,66	8,32	3,60
1995	8,85	6,40	5,54	2013	8,59	8,33	3,44
1996	8,85	6,62	5,30	2014	8,61	8,32	4,04
1997	8,85	6,85	5,18	2015	8,41	8,22	3,81
1998	8,85	7,07	5,29	2016	8,47	8,32	3,89
1999	8,85	7,29	5,19	2017	8,39	8,39	3,89
2000	8,85	7,52	5,04	2018	8,41	8,25	4,16
2001	8,85	7,74	5,26	2019	8,44	8,16	4,55
2002	8,87	7,96	5,44	2020	8,59	8,23	4,82
2003	8,79	8,19	5,78	2021	8,73	8,08	4,49
2004	9,15	8,41	4,90	2022	8,83	8,21	4,09
2005	9,15	8,51	4,66	2023	9,20	8,22	4,21
2006	9,15	8,50	4,77	2024	9,35	8,14	4,10
2007	9,15	8,52	4,67				

Notes :
Tous les CE sont adaptés de l'U.S. EPA (1996) et de l'ACPP (1999) et pondérés à l'aide des volumes annuels de gaz combustible provenant des sources suivantes et regroupées pour s'aligner sur l'ACPP (1999).
a. Années 2019–2024, BCER (s.d. [c]). Années 2001–2018, BC (2019). Années 1990–2000, constant.
b. Années 2010-2024, Petrinex (2010–). Années 2004–2009, AER (2003–). Années 1996–2003, interpolation linéaire. Années 1990–1995, ACPP (1999).
c. Années 2013–2024, Petrinex (2013–). Années 1990–2012, SK MER (2012–).

A6.1.2. Produits pétroliers raffinés

A6.1.2.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 résultant de la combustion de combustibles fossiles dépendent principalement des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Des coefficients d'émission (Tableau A6.1–6) ont été établis pour chaque catégorie principale des produits pétroliers raffinés (PPR) selon le pouvoir calorifique, la teneur en carbone et la densité (McCann, 2000), et ce, à des fins d'harmonisation avec les *Lignes directrices 2006 du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006).

La composition du coke de pétrole dépend du procédé. Des coefficients ont été calculés à la fois pour les cokes provenant d'unités de raffinerie (craquage catalytique) et des usines de valorisation. Ces coefficients (Tableau A6.1–7) ont été évalués à partir des données sur les émissions et le contenu fournies par l'industrie au Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC)[2]. La quantité de coke consommée par les raffineries est dérivée des craqueurs catalytiques ; le coefficient d'émission est une moyenne pondérée de celle du coke de pétrole et du coke des craqueurs catalytiques. Dans le secteur de la production d'électricité au Nouveau-Brunswick, le coke de pétrole est importé et mélangé au charbon avant la combustion. Les données sur la teneur en carbone propres au coke de pétrole importé ont servi à évaluer un coefficient d'émission de pétrole propre au secteur, utilisé uniquement au Nouveau-Brunswick. Puisque les données sont propres à chaque installation, le coefficient d'émission du coke de pétrole indiqué dans le Tableau A6.1–6 est un coefficient d'émission pondéré pour le Canada.

Les coefficients d'émission pour les gaz de distillation (Tableau A6.1–6) provenant des activités de raffinage et des installations de valorisation ont également été issus des données fournies par l'industrie et rapportées par le CEEDC (2003).

A6.1.2.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A6.1–6) ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Il est présumé que le coefficient d'émission pour le coke de pétrole était le même pour les cokes dérivés des craqueurs catalytiques et les cokes utilisés dans les installations de valorisation.

Le coefficient d'émission pour le gaz de distillation dans les usines de valorisation (Tableau A6.1–6) est basé sur le coefficient d'émission par défaut du GIEC (2006) et adapté d'après les facteurs de conversion énergétique fournis par le CEEDC. Les coefficients d'émission pour le gaz de distillation dans les raffineries et autres industries (Tableau A6.1–9) sont basés sur le coefficient d'émission par défaut du GIEC (2006), qui a été calculé sur une base annuelle d'après les facteurs de conversion énergétique fournis par le CEEDC.

A6.1.2.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de l'utilisation des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission pour les PPR, à l'exception du coke de pétrole, ont été établis (Tableau A6.1–6) selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Les coefficients d'émission du coke de pétrole (Tableau A6.1–8) reposent sur les coefficients d'émission de 2006 du GIEC et ont été calculés sur une base annuelle à l'aide des facteurs de conversion de l'énergie fournis par Statistique Canada (s.d.) et le CEEDC.

2 Griffin, B. 2025. Communication personnelle (courriel de Griffin B, CEEDC à Kay J., spécialiste des sciences physiques, DIRP, daté du 2 octobre 2025). Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC).

Tableau A6.1–6 Coefficients d'émission pour les produits pétroliers raffinés

Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO_2[a]	CH_4[b]	N_2O[c]
Mazout léger			
Centrales électriques – services publics	2 753	0,18	0,031
Industrie	2 753	0,006	0,031
Consommation du producteur	2 670	0,006	0,031
Résidentiel	2 753	0,026	0,006
Foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	2 753	0,026	0,031
Mazout lourd			
Centrales électriques – services publics	3 156	0,034	0,064
Industrie	3 156	0,12	0,064
Consommation du producteur	3 190	0,12	0,064
Résidentiel, foresterie, construction, administration publique, et commercial et institutionnel	3 156	0,057	0,064
Kérosène			
Centrales électriques	2 560[c]	0,006	0,031
Industrie	2 560[c]	0,006	0,031
Consommation du producteur	2 560[c]	0,006	0,031
Résidentiel	2 560[c]	0,026	0,006
Foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	2 560[c]	0,026	0,031
Diesel – raffineries et autres[d]	2 681	0,078	0,022
Diesel – usines de valorisation[d]	2 681	0,078	0,022
Coke de pétrole	Voir le Tableau A6.1–7	0,12	Voir le Tableau A6.1–8
Gaz de distillation – raffineries et autres	Voir le Tableau A6.1–7	Voir le Tableau A6.1–9	0,00002
Gaz de distillation – usines de valorisation	Voir le Tableau A6.1–7	0,000039	0,00002
Essence à moteur[e]	2 307	0,100	0,02

Notes :
a. McCann (2000); sauf le Kérosène, le Diesel et l'Essence à moteur.
b. SGA (2000); sauf le Diesel et l'Essence à moteur.
c. Coefficient d'émission présumé par McCann (2000) pour le carburéacteur.
d. CO_2 d'ECCC (2017); CH_4 et N_2O de Oak Leaf Environmental Inc. (2017).
e. CO_2 d'ECCC (2017); CH_4 et N_2O adaptés du GIEC (2006).

Tableau A6.1–7 **Coefficients d'émission du CO_2 pour le coke de pétrole et le gaz de distillation**

Année	Coefficient d'émission			
	Coke de pétrole (g/L)		Gaz de distillation (g/m^3)	
	Installations de valorisation[a]	Raffineries et autres[b]	Installations de valorisation[a]	Raffineries et autres[c]
1990	2 965	3 140	2 310	1 740
1995	2 961	3 160	2 090	1 800
2000	2 903	3 090	2 120	1 680
2005	2 837	3 141	2 140	1 707
2006	2 813	3 150	2 140	1 741
2007	2 800	3 174	2 140	1 749
2008	2 813	3 193	2 140	1 690
2009	2 792	3 199	2 140	1 711
2010	2 817	3 261	2 140	1 825
2011	2 820	3 234	2 140	1 818
2012	2 802	3 240	2 140	1 718
2013	2 765	3 220	2 140	1 738
2014	2 794	3 227	2 140	1 741
2015	2 795	3 232	2 140	1 762
2016	2 781	3 236	2 140	1 781
2017	2 800	3 253	2 140	1 796
2018	2 769	3 235	2 140	1 847
2019	2 771	3 258	2 140	1 849
2020	2 769	3 246	2 140	1 770
2021	2 744	3 250	2 140	1 764
2022	2 729	3 199	2 140	1 773
2023	2 717	3 256	2 140	1 773
2024	2 703	3 319	2 140	1 790

Notes :

a. CEEDC (2003)

b. Coefficient d'émission pondéré basé sur Griffin B. 2025. Communication personnelle (courriel de Griffin B à Kay J, scientifique physique, Division des inventaires et rapports sur les polluants, daté du 2 octobre 2025). Centre canadien de données sur les émissions et l'énergie, et Samms J. 2020 Communication personnelle (courriel de Samms J à Tracey K, ingénieure principale de programme, Division des inventaires et rapports sur les polluants, daté du 8 décembre 2020).

c. Griffin B. 2025. Communication personnelle (courriel de Griffin B à Kay J, scientifique physique, Division des inventaires et rapports sur les polluants, daté du 2 octobre 2025). Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions.

Tableau A6.1–8 **Coefficients d'émission du N_2O pour le coke de pétrole**

Année	Coefficient d'émission	
	Coke de pétrole (g/m³)	
	Installations de valorisation[a, b]	Raffineries et autres[a, c]
1990	18,2	21,9
1995	18,9	22,9
2000	20,1	23,5
2005	19,5	23,0
2006	19,4	23,1
2007	19,3	23,1
2008	19,4	23,1
2009	19,2	23,2
2010	19,4	23,2
2011	19,4	23,2
2012	19,3	23,4
2013	19,0	23,4
2014	19,2	23,4
2015	19,2	23,6
2016	19,1	23,5
2017	19,3	23,6
2018	19,1	23,5
2019	19,1	23,6
2020	19,1	23,6
2021	18,9	23,6
2022	18,8	23,3
2023	18,7	23,6
2024	18,6	23,4

Notes :
a. Adapté du GIEC (2006).
b. Teneur énergétique de Statistique Canada (s.d.).
c. Griffin B. 2025. Communication personnelle (courriel de Griffin B à Kay J, scientifique physique, Division des inventaires et rapports sur les polluants, daté du 2 octobre 2025). Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions.

Tableau A6.1–9 **Coefficients d'émission du CH_4 pour le gaz de distillation (raffineries et autres)**

Année	Coefficient d'émission[a]
	g/m³
1990–96	0,033
1997	0,032
1998	0,031
1999	0,033
2000	0,034
2001	0,034
2002	0,033
2003	0,033
2004	0,033
2005	0,032
2006	0,032
2007	0,032
2008	0,032
2009	0,032
2010	0,032
2011	0,033
2012	0,031
2013	0,031
2014	0,031
2015	0,033
2016	0,032
2017	0,033
2018	0,034
2019	0,035
2020	0,032
2021	0,033
2022	0,032
2023	0,033
2024	0,033

Note :
a. Adapté de GIEC (2006) en utilisant le contenu énergétique tiré de Griffin B. 2025. Communication personnelle (courriel de Griffin B. à Kay J, spécialiste des sciences physiques, Division des inventaires et rapports sur les polluants, daté du 2 octobre 2025). Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions.

A6.1.3. Charbon et produits du charbon

A6.1.3.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 résultant de la combustion du charbon dépendent des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion. Les coefficients d'émission du charbon (Tableau A6.1–10) ont été établis pour chaque province selon la qualité du charbon et la région d'approvisionnement. Ces coefficients d'émission reposent sur les données de l'analyse chimique d'échantillons de charbon destiné aux centrales électriques, activité qui représente presque toute la consommation de charbon.

ECCC a établi des coefficients d'émission de charbon au fil du temps, en commençant en 2012 par l'analyse de plus de 3 000 échantillons analytiques pour une variété de types de charbon et de régions productrices et consommatrices. L'analyse et les calculs d'incertitude ont été effectués à l'aide du logiciel @Risk. Les coefficients d'émission du charbon sont présentés avec des estimations d'incertitude, car l'approvisionnement et la qualité du charbon peuvent varier dans le temps. Les teneurs moyennes en carbone et en humidité du charbon pour chaque type de charbon ont servi à évaluer les coefficients d'émission de CO_2.

En 2015, une autre étude a été menée, étude visant à déterminer les coefficients d'oxydation du charbon propres au pays et à examiner plus en profondeur le contenu en carbone du charbon consommé par les centrales de production d'électricité. En 2021, ECCC a recueilli d'autres données sur la teneur en carbone du charbon des centrales électriques n'ayant pas participé à l'étude de 2015. Sur la base d'une analyse des données recueillies depuis 2012, ECCC a calculé des coefficients d'émission et d'oxydation propres au rang et à la région, ainsi que des estimations de l'incertitude pour tous ces coefficients, à l'exception de l'anthracite (ECCC, 2023).

Les coefficients pour l'anthracite importé des États-Unis sont issus d'une étude réalisée pour Environnement Canada (EC) sur les coefficients d'émission de CO_2, à partir des données recueillies sur la consommation de charbon au Canada en 1998 (McCann, 2000). Tous les coefficients d'émission relatifs au charbon au Tableau A6.1–10 comprennent désormais des coefficients d'oxydation propres au Canada (ECCC, 2023).

Les coefficients d'émission relatifs au coke et au gaz de four à coke sont présentés au Tableau A6.1–11. Le coefficient d'émission pour le coke a été calculé d'après une étude de l'industrie de la sidérurgie réalisée en 2014 (CRA, 2014). Il est représentatif de l'utilisation du coke dans le secteur du ciment, des métaux non ferreux et d'autres industries de fabrication. La valeur du coefficient d'émission pour le gaz de four à coke, quant à elle, provient de McCann (2000) et est représentative de l'utilisation dans le secteur de la sidérurgie.

Tableau A6.1–10 **Coefficients d'émission du CO_2 pour le charbon**

Province	Type de charbon	Source	Coefficient d'émission (kg CO_2/tonne)[a, b]			Facteurs d'oxydation[b] (%)	Humidité (% en poids)
			Moyenne	Incertitude (IC à 95 %)[c]			
				Bas	Haut		
NL, NS, PE, QC (avant 2000)	Bitumineux canadien	NS	2 344	-33 %	22 %	98,78	3,2
NL, NS, PE, QC (2000 et après)	Bitumineux canadien	AB	2 212	-26 %	26 %	98,78	7,7
NB (avant 2010)	Bitumineux canadien	NB	2 333	-14 %	14 %	98,78	3,2
NB (après 2010)	Bitumineux canadien	AB	2 212	-26 %	26 %	98,78	7,7
AB, BC, MB, ON, SK	Bitumineux canadien	AB	2 212	-26 %	26 %	98,78	7,7
NB, NS, PE et NL	Bitumineux étranger	Non-U.S.	2 571	-7 %	7 %	98,78	8,3
MB	Bitumineux étranger	États-Unis (Pennsylvanie)	2 651	-7 %	7 %	98,78	ND
ON	Bitumineux étranger	États-Unis (Pennsylvanie)	2 651	-7 %	7 %	98,38	ND
QC, AB, BC	Bitumineux étranger	États-Unis (Pennsylvanie)	2 662	-7 %	7 %	98,78	ND
Tous les provinces and territoires, excepté SK	Lignite	SK	1 463	-13 %	13 %	99,92	24
SK	Lignite	SK	1 463	-13 %	13 %	99,61	36
QC, ON, MB	Subbitumineux	Étranger	1 865	-8 %	8 %	99,84	24
NS, PE	Subbitumineux	Étranger	1 743	-8 %	8 %	99,84	24
AB, SK, BC	Subbitumineux	AB	1 775	-11 %	11 %	99,36	21
NB (2010, 2011, 2013, 2014)	Subbitumineux	Étranger	2 189	-2 %	2 %	99,84	19
NB (2012, 2015 et après)	Subbitumineux	Étranger	2 352	-2 %	2 %	99,84	12
Tous les provinces and territoires	Anthracite	--	3 097	-6 %	6 %	98,78	ND

Notes :
IC = Intervalle de confiance
ND = Non disponible
a. Coefficients présentés pour le charbon « à l'état humide ». La teneur en humidité est indiquée pour le coefficient d'émission « moyen ».
b. ECCC (2023)
c. Intervalles de confiance de 95 %, déterminés par une analyse statistique des données sur le charbon canadien.

Tableau A6.1–11 **Coefficients d'émission du CO_2 pour le gaz des fours à coke et le coke**

Produits du charbon – type de combustible	Coefficient d'émission
Gaz de four à coke[a]	687 g/m^3
Coke[b]	3 173 g/kg

Notes :
a. McCann (2000)
b. CRA (2014)

A6.1.3.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de l'utilisation des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A6.1–12) ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

A6.1.3.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de l'utilisation des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A6.1–12) ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Tableau A6.1–12 **Coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O pour le charbon, le coke et le gaz des fours à coke**

Source	Coefficient d'émission	
	CH_4	N_2O
	g/kg	
Charbon		
Centrales électriques – services publics	0,02	0,03
Industrie et centrales de production de chaleur et de vapeur	0,03	0,02
Résidentiel, administration publique	4,00	0,02
Coke	0,03	0,02
	g/m³	
Gaz de four à coke	0,04	0,04

Note :
Source: SGA Energy (2000)

A6.1.4. Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille

Les coefficients du Tableau A6.1–13 sont ceux des émissions fugitives attribuables à l'exploitation de la houille seulement. Bien qu'ils soient calculés à partir de mesures prises à des mines ou dans des filons de charbon particuliers, ces coefficients d'émissions sont regroupés et pondérés selon les moyennes provinciales pour un type de mine donné. Ces coefficients d'émission pondérés sont mis à jour chaque année pour tenir compte des changements dans la production par type de charbon dans les mines individuelles. Ils ne doivent être appliqués qu'aux quantités de production provinciales totales brutes (et non nettes) de charbon extrait qui comprennent de petites quantités de minéraux, de pierres et d'autres matières inertes extraits avec le charbon, mais retirés par la suite avant la vente ou l'utilisation.

Tableau A6.1–13 **Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille pondérés à l'échelle provinciale (t CH_4/kt de charbon extrait)**

Année	Mines à ciel ouvert				
	Bitumineux			Subbitumineux	Lignite
	AB	BC	NS	AB	SK
1990	0,58	0,82	C	0,18	0,07
1995	0,58	0,82	0,07	0,21	0,07
2000	0,59	0,82	0,07	0,21	0,07
2005	0,51	0,87	0,07	0,21	0,07
2006	0,48	0,86	0,07	0,21	0,07
2007	0,47	0,87	C	0,21	0,07
2008	0,47	0,85	C	0,21	0,07
2009	0,43	0,85	C	0,20	0,07
2010	0,44	0,86	C	0,20	0,07
2011	0,42	0,84	C	0,21	0,07
2012	0,45	0,85	C	0,21	0,07
2013	0,46	0,84	C	0,22	0,07
2014	0,52	0,84	C	0,20	0,07
2015	0,55	0,86	C	0,20	0,07
2016	C	0,87	C	0,21	0,07
2017	C	0,86	C	0,22	0,07
2018	0,51	0,92	C	0,23	0,07
2019	0,47	0,93	C	0,24	0,07
2020	0,36	0,93	C	0,21	0,07
2021	C	0,93	C	0,15	0,07
2022	0,31	0,92	C	0,15	0,07
2023	0,31	0,92	C	0,15	0,07
2024	0,31	0,91	C	0,43[a]	0,07

Notes :
C = confidentiel
a. Le coefficient d'émission pondéré de l'Alberta pour le charbon subbitumineux en 2024 reflète le fait que la contribution des mines aux émissions de GES les plus intenses est supérieure à celle des années précédentes vu la fermeture d'une mine aux émissions comparativement moins intenses.
Adapté de King (1994), et de Cheminfo et Clearstone Engineering Ltd (2014).
Les coefficients d'émission pondérés pour les mines de charbon souterraines de la Nouvelle-Écosse, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique sont soit confidentiels, soit aucune mine n'est en activité en raison de fermetures.

A6.1.5. Autres combustibles

A6.1.5.1. CO_2

Les combustibles de remplacement comme les pneus, les bardeaux, les plastiques, les déchets, l'huile usagée, les solvants et autres déchets à base de combustibles fossiles, de même que les boues d'épuration asséchées, le papier, la farine animale, le gras animal et autres déchets biogènes sont utilisés dans l'industrie du ciment pour compenser l'utilisation des combustibles achetés comme le charbon, l'huile ou le gaz naturel. Les émissions de CO_2 attribuables à la combustion de sources fixes de combustibles résiduaires à base de combustibles fossiles sont présentées dans le Rapport d'inventaire national où les données sont indiquées. Les données sur l'utilisation de combustibles par l'industrie du ciment, d'après des normes de comptabilisation et de présentation de rapports des émissions de CO_2 élaborées par le World Business Council for Sustainable Development (WBSCD, 2005), ont servi à établir les coefficients d'émission du Tableau A6.1–14 de 1990 à 2016. À partir de 2017, les données sur l'utilisation de combustibles et les émissions associées étaient déclarées par les usines de ciment dans le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, 2025). Un coefficient d'émission annuel moyen pondéré a été calculé en fonction des valeurs déclarées. Les émissions de CO_2 associées à la combustion de sources fixes de combustibles résiduaires biogènes sont déclarées en tant que poste pour mémoire dans les Tableaux communs de déclaration (TCD) du secteur Énergie. Voir la section A6.6.1 pour les coefficients d'émission associés aux combustibles résiduaires biogènes.

Certains déchets solides municipaux et déchets médicaux sont incinérés dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Voir la section A6.7.2 pour les coefficients d'émission associés à ces autres combustibles.

A6.1.5.2. CH_4

Les coefficients d'émission de CH_4 pour les combustibles de remplacement à base de combustibles fossiles (Tableau A6.1–14) sont adaptés des Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Voir la section A6.6.2 pour les coefficients d'émission associés aux combustibles de remplacement à base de matières biologiques.

Certains déchets solides municipaux et déchets médicaux sont incinérés dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Voir la section A6.7.2 pour les coefficients d'émission associés à ces autres combustibles.

Tableau A6.1–14 **Coefficients d'émission pour les combustibles de remplacement**

Année	Coefficient d'émission (kg/GJ)		
	Combustible résiduaire de l'industrie du ciment		
	CO_2[a]	CH_4[b]	N_2O[b]
1990	78,8	0,03	0,004
1995	77,6	0,03	0,004
2000	77,6	0,03	0,004
2005	81,1	0,03	0,004
2006	79,4	0,03	0,004
2007	80,1	0,03	0,004
2008	79,5	0,03	0,004
2009	78,2	0,03	0,004
2010	79,3	0,03	0,004
2011	79,1	0,03	0,004
2012	79,1	0,03	0,004
2013	79,1	0,03	0,004
2014	79,1	0,03	0,004
2015	79,1	0,03	0,004
2016	79,1	0,03	0,004
2017	80,1	0,03	0,004
2018	84,1	0,03	0,004
2019	86,0	0,03	0,004
2020	68,5	0,03	0,004
2021	84,3	0,03	0,004
2022	75,8	0,03	0,004
2023	79,8	0,03	0,004
2024	73,0	0,03	0,004

Notes :
a. Les années 1990–2016 sont adaptées de WBSCD (2005). Les années 2017–2024 sont adaptées de ECCC (2025).
b. Adapté du GIEC (2006)

A6.1.5.3. N_2O

Les coefficients d'émission de N_2O pour les combustibles de remplacement à base de combustibles fossiles (Tableau A6.1–14) sont adaptés des Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Voir la section A6.6.3 pour les coefficients d'émission associés aux combustibles de remplacement à base de matières biologiques.

Certains déchets solides municipaux et déchets médicaux sont incinérés dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Voir la section A6.7.2 pour les coefficients d'émission associés à ces autres combustibles.

A6.1.6. Combustion mobile

A6.1.6.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 résultant de la combustion de sources mobiles dépendent des propriétés du combustible et sont généralement identiques à ceux qui sont utilisés pour la combustion de sources fixes des combustibles.

A6.1.6.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de l'utilisation des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission de CH_4 propres à chaque usage ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada ; ils sont indiqués au Tableau A6.1–15. Ils ont été adoptés pour la première fois à la suite d'un examen des connaissances actuelles et d'une analyse des technologies de combustion. Par la suite, certains coefficients d'émission de CH_4 provenant des véhicules routiers ont été peaufinés à partir des résultats actualisés d'essais de contrôle des émissions réalisés au Canada et aux États-Unis (Environnement Canada, 2006, 2009 ; Graham et al., 2008). Les camions et véhicules légers sur route de l'année modèle 2017 et plus récents sont associés aux normes d'émissions de Niveau 3. Les coefficients d'émission de CH_4 pour les véhicules de Niveau 3 ont été établis à partir des résultats de MOVES3 (Oak Leaf Environmental Inc., 2022). Le coefficient d'émission de CH_4 applicable aux moteurs à essence à deux temps hors route a été décomposé en composantes essence et huile lubrifiante en fonction des proportions relatives d'énergie dans le mélange essence-huile lubrifiante (ECCC, 2022c).

Plus de 50 coefficients d'émission de CH_4 pour les carburéacteurs propres aux types d'aéronefs, issus des Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006), sont utilisés dans le modèle des émissions de Niveau 3 de l'aviation civile (MEGASA). Le Tableau A6.1–15 présente un coefficient d'émission moyen à l'échelle nationale (voir section A3.4.2.3 pour en savoir plus sur le MEGASA).

A6.1.6.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de l'utilisation des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission propres à chaque usage ont été établis selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils ont été adoptés pour la première fois à la suite d'un examen des connaissances actuelles et d'une analyse des technologies de combustion. Plusieurs coefficients d'émission de N_2O pour les véhicules routiers ont par la suite été peaufinés à partir des résultats actualisés des essais de contrôle des émissions réalisés au Canada et aux États-Unis (Environnement Canada, 2006, 2009 ; Graham et al., 2008, 2009). Les camions et véhicules légers sur route de l'année modèle 2017 et plus récents sont associés aux normes d'émissions de Niveau 3. Les coefficients d'émission de N_2O pour les véhicules de Niveau 3 ont été établis à partir de résultats fondés sur la certification (Oak Leaf Environmental Inc., 2022).

Le coefficient d'émission de N_2O applicable aux moteurs à essence à deux temps hors route a été décomposé en composantes essence et huile lubrifiante en fonction des proportions relatives d'énergie dans le mélange essence-huile lubrifiante (ECCC, 2022c).

Plus particulièrement, les données d'essai mises à jour ont souligné l'incidence de l'essence à teneur élevée en soufre sur les coefficients d'émission de N_2O. Les véhicules alimentés à l'essence à teneur élevée en soufre, pour la plus grande partie de leur vie utile, rejettent généralement des concentrations plus élevées de N_2O que ceux alimentés à l'essence à faible teneur en soufre (Environnement Canada, 2009).

Tableau A6.1–15 Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'Énergie

Usage†	Coefficients d'émission (g/L de combustible)		
	CO_2	CH_4	N_2O
Transport routier			
Véhicules à essence			
Véhicules légers à essence (VLE)			
Niveau 3	2 307,3 [a]	0,111 [r]	0,007 [r]
Niveau 2	2 307,3 [a]	0,14 [c]	0,022 [d]
Niveau 1	2 307,3 [a]	0,23 [e]	0,47 [e]
Niveau 0	2 307,3 [a]	0,32 [f]	0,66 [g]
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 307,3 [a]	0,52 [h]	0,20 [f]
Système sans catalyseur	2 307,3 [a]	0,46 [h]	0,028 [f]
Camions légers à essence (CLE)			
Niveau 3	2 307,3 [a]	0,111 [r]	0,007 [r]
Niveau 2	2 307,3 [a]	0,14 [c]	0,022 [d]
Niveau 1	2 307,3 [a]	0,24 [e]	0,58 [e]
Niveau 0	2 307,3 [a]	0,21 [h]	0,66 [g]
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 307,3 [a]	0,43 [h]	0,20 [f]
Système sans catalyseur	2 307,3 [a]	0,56 [f]	0,028 [f]
Véhicules lourds à essence			
Catalyseur à trois voies	2 307,3 [a]	0,068 [h]	0,20 [h]
Système sans catalyseur	2 307,3 [a]	0,29 [f]	0,047 [f]
Sans dispositif	2 307,3 [a]	0,49 [f]	0,084 [f]
Motocyclettes			
Système sans catalyseur	2 307,3 [a]	0,77 [c]	0,041 [c]
Sans dispositif	2 307,3 [a]	2,3 [f]	0,048 [f]
Véhicules à moteur diesel			
Véhicules légers à moteur diesel (VLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 680,50 [a]	0,051 [f]	0,22 [f]
Dispositif à efficacité modérée	2 680,50 [a]	0,068 [f]	0,21 [f]
Sans dispositif	2 680,50 [a]	0,10 [f]	0,16 [f]
Camions légers à moteur diesel (CLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 680,50 [a]	0,068 [f]	0,22 [f]
Dispositif à efficacité modérée	2 680,50 [a]	0,068 [f]	0,21 [f]
Sans dispositif	2 680,50 [a]	0,085 [f]	0,16 [f]
Véhicules lourds à moteur diesel			
Dispositif perfectionné	2 680,50 [a]	0,11 [i]	0,151 [i]
Dispositif à efficacité modérée	2 680,50 [a]	0,14 [f]	0,082 [f]
Sans dispositif	2 680,50 [a]	0,15 [f]	0,075 [f]
Véhicules au gaz naturel	1,9 [b]	0,0088 [f]	0,00006 [f]
Véhicules au propane	1 515 [b]	0,64 [f]	0,028 [f]
Véhicules hors route			
Véhicules hors route à essence 2 temps	2 307,3 [a]	10,56 [q]	0,013 [q]
Véhicules hors route à essence 4 temps	2 307,3 [a]	5,08 [l]	0,064 [m]
Véhicules hors route à moteur diesel <19kW	2 680,50 [a]	0,073 [l]	0,022 [l]
Véhicules hors route à moteur diesel ≥19kW, Niveau 1 - 3	2 680,50 [a]	0,073 [l]	0,022 [l]
Véhicules hors route à moteur diesel ≥19kW, Niveau 4	2 680,50 [a]	0,073 [l]	0,227 [l]
Véhicules hors route à huile de graissage 2 temps	2 705,0 [q]	12,69 [q]	0,016 [q]
Véhicules au gaz naturel	1,9 [b]	0,0088 [f]	0,00006 [f]
Véhicules au propane	1 515 [b]	0,64 [f]	0,087 [l]
Transport ferroviaire			
Trains alimentés au diesel	2 680,50 [a]	0,149 [m]	1,029 [m]
Transport maritime			
Essence	2 307,3 [a]	0,21931 [m]	0,06266 [m]
Diesel	2 680,50 [a]	0,25193 [m]	0,07198 [m]
Alimentés au mazout léger	2 753 [b]	0,2555 [m]	0,073 [m]
Alimentés au mazout lourd	3 156 [b]	0,2856 [m]	0,0816 [m]
Kerosene	2 559,70 [n]	0,2471 [m]	0,0706 [m]
Transport aérien			
Essence d'aviation	2 325,40 [j]	2,19 [j]	0,23 [j]
Carburéacteur	2 559,70 [b]	0,018 [k]	0,0711 [m]
Combustibles renouvelables			
Éthanol	1 508,04 [a, o]	**	**
Biodiesel	2 472,2 [a, o, p]	***	***

Notes :

† Dans le contexte des modes de transport, les niveaux désignent les normes de plus en plus strictes en matière d'émission, qui découlent des progrès liés aux technologies antipollution. À ne pas confondre avec les méthodes d'estimation des GES du GIEC.

* Les coefficients pour les véhicules au diesel dotés de système perfectionné sont utilisés pour le parc de véhicules de Niveau 2.

** Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O des moteurs à essence (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour l'éthanol.

*** Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O des moteurs diesel (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour le biodiesel.

a. ECCC (2017)
b. McCann (2000)
c. Adapté d'Environnement Canada (2006)
d. Adapté d'Environnement Canada (2006) et de Graham et al. (2009)
e. Adapté d'Environnement Canada (2009)
f. SGA Energy (2000)
g. Adapté de Barton & Simpson (1994)
h. ICF Consulting (2004)
i. Graham et al. (2008)
j. Jaques (1992)
k. Moyenne globale nationale du coefficient d'émission pour l'ensemble de la série chronologique basée sur les Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Voir la section A3.1.4.2.3 de l'Annexe 3.1 pour obtenir davantage d'information.
l. Oak Leaf Environmental Inc (2017)
m. GIEC (2006). Converti en g/L en utilisant le pouvoir calorifique brut si nécessaire.
n. Coefficient d'émission présumé par McCann (2000) pour le carburéacteur.
o. Voir la section 3.5.1 du Chapitre 3 pour davantage d'information.
p. BioMer (2005)
q. ECCC (2022)
r. Oak Leaf Environmental Inc. (2022)

A6.2. Procédés industriels

A6.2.1. Produits minéraux

Les coefficients d'émission servant à estimer les émissions provenant de la production et de l'utilisation de produits minéraux sont présentés au Tableau A6.2–1.

Tableau A6.2–1 Étendue des coefficients d'émission du CO_2 pour les produits minéraux

Catégories	Produit minéral	Coefficient d'émission ($g\ CO_2$/kg de produit minéral)
Production de ciment	Clinker	493–533[a]
	Carbone organique totale (COT)	10,3–13,1[a]
Production de chaux	Chaux à forte teneur en calcium	751–759[b]
	Chaux dolomitique	865–889[b]
Autres utilisations de calcaire et de dolomite	Calcaire	418–453[c]
	Dolomite	445–468[c]
Autres utilisations de carbonate de sodium	Carbonate de sodium	415[c]
Production de magnésite non métallurgique	Magnésite	522[c]

Notes :
a. Éventail d'émission spécifiques à l'année fournie par l'Association canadienne du ciment (2015) et ECCC (2025).
b. Éventail de coefficients d'émission propres à l'année, établi sur la base des informations fournies par ECCC (2025) et Kenefick W. 2008. Communication personnelle (courriel de Kenefick W à Shen A, Environnement Canada, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute.
c. Gamme de coefficients d'émission spécifiques à l'année tirés d'AMEC Earth & Environmental (2006) et ECCC (2025).

A6.2.2. Industrie chimique

Le Tableau A6.2–2, le Tableau A6.2–3, le Tableau A6.2–4 et le Tableau A6.2–5 présentent les coefficients d'émission utilisés pour les catégories du sous-secteur de l'Industrie chimique ainsi que les sources à partir desquelles ils ont été obtenus.

Tableau A6.2–2 Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac

	Facteur de conversion ammoniac / matière première[a] (m^3 gaz naturel/tonne de NH_3)	Coefficient d'émission du CO_2 ($g\ CO_2/m^3$ de gaz naturel)	Coefficient de récupération des émissions ($g\ CO_2$ / kg d'urée)
Production d'ammoniac	671	Les coefficients d'émission du gaz naturel marchand sont utilisés (présentés au Tableau A6.1–1).	733

Note :
a. Des coefficients pour les combustibles spécifiques à l'installation sont utilisés et sont confidentiels.

Tableau A6.2–3 Coefficients d'émission du N_2O pour la production d'acide nitrique et d'acide adipique

Catégorie	Description du processus	Coefficient d'émission de N_2O (kg N_2O / t produit)
Production d'acide nitrique[a]	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur en 2024	0,534
Production d'acide adipique	Réaction d'oxydation du mélange de cyclohexanone et de cyclohexanol sans assainissement du N_2O	300[b]

Notes :
a. Les coefficients d'émission pour les types de procédés de production d'acide nitrique et les technologies de réduction des émissions sont confidentiels, ou pourraient exposer des données sur les activités confidentielles.
b. GIEC (2000)

Tableau A6.2–4 **Coefficients d'émission pour les produits pétrochimiques**

Produit pétrochimique	Coefficient d'émission	Type
Carbure de silicium	11,6 kg CH_4 / t (tonne) produit	Valeur par défaut du GIEC[a]
Carbure de calcium	4,8 kg CH_4 / t produit	Obtenu à partir des coefficients d'émission du CH_4 pour le carbure de silicium et le ratio des coefficients d'émission par défaut du GIEC du CO_2 pour le carbure de calcium et le carbure de silicium (i.e. 11.6 (kg CH_4 / t SiC) * (1.09 tCO_2 / tCaC_2 / 2.62 tCO_2 / tSiC)
Noir de carbone	1,29 kg CH_4 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[b]
	0,032 kg N_2O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[b]
Éthylène	0,039 kg CH_4 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[b]
	0,0055 kg N_2O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[b]
	0,411 t CO_2 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[c]
Bichloroéthane	0,0142 kg CH_4 / t produit	Valeur par défaut du GIEC[d]
Oxyde d'éthylène	0,663 t CO_2 / t produit	Valeur par défaut du GIEC pour le procédé à l'oxygène[d]
	1,79 kg CH_4 / t produit	Valeur par défaut du GIEC[d]
Styrène	4 kg CH4 / t produit	Valeur par défaut du GIEC[a]
Méthanol	0,105 kg CH_4 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[b] (1990-2006) et données déclarées par les installations (2011-2021)
	0,010 kg N_2O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[b] (1990-2006) et données déclarées par les installations (2011-2021)
	0,754 t CO_2 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[c] (1990-2006) et données déclarées par les installations (2011-2021)
Autres utilisations de l'urée	0,733 t CO_2 / t produit utilisé	Valeur par défaut du GIEC[d]

Notes :
a. Valeur par défaut provenant de GIEC/OCDE/AIE (1997)
b. Cheminfo Services (2010)
c. Cheminfo Services (2015); les coefficients d'émission peuvent varier si des changements sont apportés à la composition des matières premières.
d. GIEC (2006)

Tableau A6.2–5 **Coefficients d'émission pour les sous-produits de la production de composés fluorés**

Processus	Coefficient d'émission
Production de HCFC-22	0,04 t HFC-23 rejetée / t HCFC-22 produite[a]

Note :
a. GIEC (2006)

A6.2.3. Production de métaux

Les coefficients d'émission employés dans les catégories faisant partie du sous-secteur Production de métaux figurent au Tableau A6.2–6, au Tableau A6.2–7, au Tableau A6.2–8, au Tableau A6.2–9 et au Tableau A6.2–10. La gamme de coefficients d'émission pour le coke métallurgique ainsi que d'autres paramètres utilisés pour l'estimation des émissions de Sidérurgie sont présentés au Tableau A6.2–6 et au Tableau A6.2–7.

Tableau A6.2–6 **Coefficients d'émission du CO_2 pour l'industrie de la sidérurgie**

Paramètre	Coefficient d'émission	Unité
Réduction du minerai de fer par du coke	3,1–3,3[a]	t CO_2 / t (tonne) de coke utilisé
Consommation des électrodes des FEA	4,5–7,7[b]	kg CO_2 / t d'acier
Émissions des fours à oxyde basique	0,14–0,23[b]	kg CO_2 / t d'acier
Production de boulettes de minerai de fer	0,03[c]	t CO_2 / t de boulettes
Utilisation de calcaire	418–453[d]	CO_2 / kg $CaCO_3$
Utilisation de dolomite	445–468[d]	CO_2 / kg $MgCO_3$

Notes :
a. Coefficients d'émission annuels fournis par Cheminfo Services (2010) et ECCC (2025).
b. Fourni par l'Association canadienne des producteurs d'acier et ECCC (2022). Chan K. (2009). Communication personnelle (courriel de K. Chan à M. Pagé, Environnement Canada, daté du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.
c. GIEC (2006).
d. Gamme de coefficients d'émission spécifiques à l'année tirés d'AMEC Earth & Environmental (2006) et ECCC (2025).

Tableau A6.2–7 **Teneur en carbone pour l'industrie sidérurgique**	
Paramètre	Carbon Contents (%)[a]
Fonte brute (production de la fonte brute) de hauts fourneaux	4,4–4,8
Fonte brute (y compris le métal chaud, la fonte froide, le FRD et la fonte brute) pour la production d'acier	3,4–3,9
Acier brut produit dans des CBO	0,06–0,13
Acier brut produit dans des FEA	0,14–0,26
Mitrailles d'acier	0,1–1,2

Note :
a. Valeurs de l'ACPA (2009) et d'ECCC (2025).

Le Tableau A6.2–8 présente les coefficients d'émission de Niveau 1 pour la catégorie de la Production d'aluminium et les sources à partir desquelles ils ont été obtenus.

Tableau A6.2–8 **Coefficients d'émission de Niveau 1 pour la Production d'aluminium**			
Type de technologie cellulaire	Coefficients d'émission (kg / t produit)		
	CO_2	Tétrafluorure de carbone (CF_4)	Hexafluorure de carbone (C_2F_6)
Anode précuite du côté de la cellule	1 600	1,6	0,4
Anode précuite du centre de la cellule	1 600	0,4	0,04
Söderberg – Gougeon horizontal	1 700	0,4	0,03
Söderberg – Gougeon vertical	1 700	0,8	0,04

Note :
Source des données : International Aluminium Institute (IAI) (2006)

Le Tableau A6.2–9 présente les coefficients d'émission de CO_2 de Niveau 1 pour la catégorie de la Production de magnésium.

Tableau A6.2–9 **Coefficients d'émission du CO_2 de Niveau 1 pour la Production de magnésium**	
Matière première de carbonate dans la production de Mg	Coefficient d'émission (tonne d'émission de CO_2/tonne de Mg primaire produit) [a]
Dolomite	5,13
Magnésite	2,83

Note :
a. GIEC (2006)

Le Tableau A6.2–10 présente les coefficients d'émission pour la catégorie de la Production des terres rares et de leurs sources.

Tableau A6.2–10 **Coefficients d'émission pour la Production des terres rares**		
GES	Coefficient d'émission	Unité
CO_2	0,564[a]	t CO_2/t de métal produit
CF_4	35,8[b]	g CF_4/t de métal produit
C_2F_6	5,2[b]	g C_2F_6/t de métal produit
C_3F_8	0,21[b]	g C_3F_8/t de métal produit

Notes :
a. Le coefficient d'émission du CO_2 est celui par défaut du GIEC (0,56) multiplié par un coefficient de correction des émissions pour tenir compte du poids atomique de l'alliage produit (GIEC, 2019). La composition de cet alliage est tirée d'une brochure de l'installation (Saskatchewan Research Council, 2024). Le poids atomique de l'alliage produit a été estimé à 143,33 g/mol et le coefficient de correction des émissions, à 1,006.
b. GIEC (2019).

A6.2.4. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant

L'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières ou à d'autres fins non énergétiques peut entraîner des émissions au cours de la vie des produits manufacturés. Pour estimer les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques, un coefficient d'émission de 38 g de CO_2/m^3 a été utilisé. Ce coefficient d'émission exclut l'utilisation de gaz naturel comme matière première pour produire de l'ammoniac; il est basé sur les données concernant l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques qui proviennent de l'étude réalisée en 2005 par Cheminfo (Cheminfo Services, 2005).

Le Tableau A6.2–11 indique les coefficients d'émission employés pour estimer les émissions de CO_2 résultant respectivement de l'utilisation des liquides de gaz naturel à des fins non énergétiques et des produits pétroliers non énergétiques. Les coefficients d'émission pour le coke de pétrole utilisé à des fins non énergétiques se trouvent au Tableau A6.1–7. La valeur du coefficient d'émission de 2011 des installations de valorisation du Tableau A6.1–7 ont été utilisées pour les séries chronologiques de l'Ontario ainsi que pour les Raffineries et Autres installations des autres provinces. Le Tableau A6.1–10 présente les coefficients d'émissions du charbon utilisé à des fins non énergétiques.

Tableau A6.2–11 Coefficients d'émission du CO_2 pour l'utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques

Produit	Fraction de carbone stocké dans les produits	Coefficient d'émission de CO_2 (g CO_2 / L)
Liquides du gaz naturel		
Propane	0,8[a]	303[b]
Butane	0,8[a]	349[b]
Éthane	0,8[a]	197[b]
Produits pétroliers		
Matières premières pétrochimiques [c]	0,8[a]	500[d]
Naphthes [e]	0,75[a]	625[d]
Graisses et huiles de lubrication [f]	0,2[g]	2 260[d]
Pétrole utilisé pour d'autres produits [h]	0,5[a]	1 450[d]

Notes :
a. GIEC/OCDE/AIE (1997)
b. McCann (2000)
c. Le coefficient de carbone pour les matières premières pétrochimiques est de 680 g C/L (Jaques, 1992).
d. Le coefficient d'émission de CO_2 résultant est calculé en multipliant le coefficient de carbone pour chaque produit par le rapport entre le poids moléculaire du CO_2 et celui du carbone (44/12) et par (1-fraction de carbone stocké dans les produits).
e. Le coefficient de carbone pour les naphtes est de 680 g C/L (Jaques, 1992).
f. Le coefficient de carbone pour les graisses et huiles de lubrification est de 770g C/L (Jaques, 1992).
g. GIEC (2006)
h. Le coefficient de carbone pour le pétrole utilisé dans d'autres produits est de 790 g C/L (Jaques, 1992).

A6.2.5. Industrie électronique

L'utilisation de perfluorocarbures (PFC), d'hexafluorure de soufre (SF_6) et de trifluorure d'azote (NF_3) dans la fabrication de circuits intégrés ou de semiconducteurs, dans les essais en environnement électrique, dans les essais en fuites grossières et dans les essais de chocs thermiques produit des émissions des gaz sources. L'utilisation de PFC et de NF_3 dans l'industrie de la fabrication de circuits intégrés ou de semiconducteurs peut aussi produire des émissions de sous-produits des PFC. Le Tableau A6.2–12 présente les coefficients d'émission de l'utilisation de PFC, de SF_6 et de NF_3 dans l'industrie électronique.

Tableau A6.2–12 Coefficients d'émission pour l'utilisation des PFC, SF_6 et NF_3 dans l'industrie électronique

Application	Source de GES	Niveau du GIEC	Taux d'émission (%)[a]	Taux d'émission de sous-produit
Fabrication de circuits intégrés ou de semiconducteurs [b]	CF_4	T2A	90	ND
	CF_4	T2B – CVD	90	ND
	CF_4	T2B – Gravure	70	ND
	C_2F_6	T2A	60	0,2 kg CF_4 / kg C_2F_6
	C_2F_6	T2B – CVD	60	0,1 kg CF_4 / kg C_2F_6
	C_2F_6	T2B – Gravure	40	0,4 kg CF_4 / kg C_2F_6
	c-C_4F_8	T2A	10	0,1 kg CF_4 / kg c-C_4F_8, 0,1 kg C_2F_6 / kg c-C_4F_8
	c-C_4F_8	T2B – Gravure	20	0,2 kg CF_4 / kg c-C_4F_8, 0,2 kg C_2F_6 / kg c-C_4F_8
	SF_6	T2A	20	ND
	NF_3	T2A	20	0,09 kg CF_4 / kg NF_3
	NF_3	T2B – Gravure	20	ND
Autres applications émissives	PFCs	T2	50 % la première année / 50 % la deuxième année	ND

Notes :
ND = Non disponible
a. GIEC (2006)
b. Lorsqu'elles sont disponibles, des valeurs confidentielles propres à l'entreprise/au gaz/au procédé sont utilisées pour la fraction du volume de gaz utilisée dans les types de procédés avec un contrôle des émissions (respectivement, ai and di dans les Lignes directrices du GIEC).

A6.2.6. Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone

L'utilisation d'halocarbures dans divers secteurs, comme ceux de la climatisation, de la réfrigération, des aérosols, de l'injection de mousse, des solvants et de l'extinction des incendies, entraîne des émissions d'hydrofluorocarbures (HFC) et de PFC.

Le Tableau A6.2–13 et le Tableau A6.2–14 présentent respectivement les taux d'émission utilisés pour estimer les émissions d'HFC et de PFC.

Tableau A6.2–13 **Les HFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) — coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%)**

Application/Sous-Application	Assemblage[a]	En service[b]	Fin de vie[c]	Durée de vie (années)
Aérosols[d]	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Agents d'expansion des mousses[d]				
Mousses à cellules ouvertes	100	-	-	-
Mousses à cellules fermées	10	4,5	100	23
Conditionnement d'air (équipements fabriqués au Canada)[e]				
Unités de conditionnement d'air dans les véhicules motorisés	0,5	10	75	13
Refroidisseurs (centrifuge ou à mouvement alternatif [préciser])	1	4,7	5	17
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)	1	4	20	17
Conditionnement d'air (fabriqués ailleurs)[e]				
Unités de conditionnement d'air dans les véhicules motorisés	-	10	75	13
Refroidisseurs (centrifuge ou à mouvement alternatif [préciser])	-	4,7	5	17
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)	-	4	20	17
Réfrigération (équipements fabriqués au Canada)[e]				
Transport commercial	1	15	30	13
Commercial et institutionnel (aliments au détail, distributrices, etc.)	1	10	30	17
Industriel (entrepôts, équipement de procédé, etc.)	1	10	30	17
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)	0,6	0,5	30	15
Autre équipement (préciser)	1,0	10,8	30	15
Réfrigération (fabriqués ailleurs)[e]				
Transport commercial	-	15	30	13
Commercial et institutionnel (aliments au détail, distributrices, etc.)	-	10	30	17
Industriel (entrepôts, équipement de procédé, etc.)	-	10	30	17
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)	-	0,5	30	15
Autre équipement (préciser)	-	10,1	30	15
Solvants[d]	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Lutte contre les incendies / systèmes d'extinction[d]				
Systèmes portables (mobiles)	-	4	5	18
Systèmes d'extinction par saturation (fixes)	-	2	5	18
Divers[d] (Stérilisation et tests d'étanchéité pour les hôpitaux et les institutions)	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Autre (préciser)[d]	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2

Notes :
a. Pourcentage de perte des HFC chargés dans les nouveaux équipements.
b. Pourcentage de la banque de HFC émise (par application) pendant le fonctionnement.
c. Pourcentage de la banque de HFC émise (par application) au moment du démantèlement.
d. GIEC (2006)
e. ECCC (2015)

Tableau A6.2–14 **Les PFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) — coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%)**

Application/sous-application	Assemblage[a]	En service[b]	Fin de vie[c]	Durée de vie (années)
Air climatisation				
Climatisation mobile	0,35	15	100	12
Climatisation résidentielle et commerciale, y compris les pompes à chaleur	0,6	5,5	100	15
Agents de l'expansion des mousses				
Expansion des mousses – cellules fermées	45	0,75 % du montant initial	100 (43,75 % du montant initial)	15
Réfrigération				
Réfrigération industrielle, y compris la transformation des aliments et l'entreposage frigorifique	1,75	16	100	15
Réfrigération commerciale moyenne et grande	1,75	22,5	100	15
Solvants	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2

Notes :
a. Pourcentage des pertes de PFC aux nouveaux équipements.
b. Pourcentage annuel de libération de PFC (par application) pendant l'exploitation.
c. Pourcentage de libération de PFC (par application) lors de l'élimination.
Source : GIEC (2006)

A6.3. Fabrication et utilisation d'autres produits

L'utilisation du N_2O comme anesthésique et agent propulseur produit des émissions de N_2O. Les coefficients d'émission utilisés sont présentés au Tableau A6.3–1.

Tableau A6.3–1 **Coefficients d'émission pour l'utilisation de N_2O (comme anesthésique et comme agent propulseur)**

Produit	Application	Taux d'émission de N_2O (%)
Utilisation du N_2O	comme anesthésique	100
	comme agent propulseur	100

Note : Source : GIEC (2006)

L'utilisation de perfluorocarbure (PFC) dans les applications confinées (comme isolant électrique et fluide de refroidissement diélectrique) entraîne des émissions de PFC. Les coefficients d'émission utilisés pour les applications confinées sont présentés au Tableau A6.3–2.

Tableau A6.3–2 **Coefficients d'émission pour les émissions de PFC provenant des autres applications confinées**

Processus	Émissions de PFC pour les autres applications confinées
Assemblage	1 % de la charge
Taux de fuite annuel	2 % du stock
Élimination	100 % du stock restant
Durée de vie	15 ans

Note : Source : GIEC (2000)

L'utilisation de fluide d'échappement diesel (FED) à base d'urée dans les véhicules munis de systèmes de réduction catalytique sélective (RCS) produit des émissions de CO_2, dont le taux d'émission dépend de la pureté de l'urée dans le FED ainsi que du taux de dosage d'urée par rapport à la consommation de diesel, comme l'indique le Tableau A6.3–3.

Tableau A6.3–3 **Coefficients d'émission pour l'utilisation d'urée dans les véhicules à RCS**

Produit	Pureté du FED	Taux de dosage
Utilisation d'urée dans les véhicules à RCS	32,50 %	2 % de la consommation de diesel

Note : Source : GIEC (2006)

A6.4. Agriculture

Les sources agricoles de GES sont la fermentation entérique, la gestion des fumiers, le brûlage au champ des résidus agricoles, les sols agricoles (y compris les émissions d'oxyde nitreux provenant de la minéralisation et immobilisation associées à la perte ou au gain de matière organique du sol) et l'utilisation agricole de chaux, d'urée et d'autres engrais carbonés. Les sources les plus importantes utilisent des méthodologies de Niveau 2 propres à chaque pays. Les émissions de CO_2 provenant du chaulage, de l'application d'urée et d'autres engrais contenant du carbone (C) sont calculées en fonction de la quantité totale de carbone contenue dans ces produits. Les émissions d'ammoniac provenant de l'épandage d'azote (N) synthétique sont estimées au moyen d'une méthode de modélisation propre au pays, comme il est mentionné à l'Annexe 3.4. Enfin, les émissions indirectes découlant de la volatilisation de l'ammoniac et du lessivage de l'azote sont calculées d'après les coefficients d'émission par défaut du GIEC fournis dans le Tableau A6.4–27.

Ces coefficients d'émission pour le secteur de l'agriculture calculés avec des méthodes propres au pays sont décrits en détail à l'Annexe 3.4. Dans la plupart des cas, les coefficients d'émission annuels par gaz présentés dans cette annexe représentent une moyenne globale pondérée, qui comprend plusieurs facteurs sous-jacents qui influent sur les taux régionaux d'émission. Les émissions estimatives sont calculées à l'aide de coefficients d'émissions précis, comme décrites à l'Annexe 3.4. En ce qui concerne la fermentation entérique en provenance du bétail, les coefficients d'émission nationaux pondérés et les méthodes utilisées pour produire les coefficients d'émission sont présentés à la section A3.4.2.1. Dans le cas des émissions de CH_4 en provenance de la gestion des fumiers, les méthodes utilisées pour établir les coefficients d'émission sont présentées à la section A3.4.3, et les coefficients d'émission nationaux pondérés sont présentés à la section A3.4.3.5. Pour les émissions de N_2O en provenance de la gestion des fumiers, les méthodes utilisées pour calculer les émissions directes et indirectes de N_2O sont respectivement décrites aux sections A3.4.4.1 et A3.4.4.2. Enfin, les méthodes employées pour générer les coefficients d'émissions de N_2O pour les émissions directes en provenance des sols agricoles et des pâturages, libres et enclos (PLE), sont décrites à la section A3.4.5.1. Les bovins sont décrits selon une approche conforme à la soumission des Tableaux communs de déclaration (TCD)[3]. Pour la fermentation entérique, les bovins laitiers ne comprennent que les vaches laitières, tandis que pour la gestion du fumier et les PLE, les bovins laitiers comprennent les vaches laitières et les génisses laitières.

Une compilation des coefficients d'émission relatifs à l'agriculture est présentée du Tableau A6.4–1 au Tableau A6.4–29.

A6.4.1. Fermentation entérique

Tableau A6.4–1 **Coefficients d'émission du CH_4 pour la fermentation entérique chez les bovins, certaines années de 1990 à 2024**

Année	$CE_{(FE)T}$ (kg CH_4 animal^{-1} an^{-1})[a]							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[b]	Bouvillons[b]	Veaux
1990	115,4	79,4	108,0	105,9	82,5	44,7	41,4	43,8
2005	125,0	77,2	119,9	114,4	87,0	52,8	46,0	43,6
2018	139,6	76,7	125,5	120,6	91,4	54,0	48,7	43,9
2019	142,1	76,7	124,2	120,4	91,2	54,2	49,3	43,8
2020	142,9	76,7	124,2	120,5	91,3	54,2	49,6	43,9
2021	145,3	76,7	127,6	120,0	90,9	54,2	49,7	43,9
2022	145,8	76,7	123,2	120,7	91,4	54,6	49,9	43,9
2023	145,6	76,7	124,6	121,5	91,8	54,4	49,6	44,0
2024	147,4	76,7	126,6	124,7	93,9	57,1	50,1	44,0

Notes :
a. Les coefficients d'émissions entériques sont dérivés de Boadi et al. (2004), et modifiées afin de prendre en compte les tendances de la production laitière des vaches laitières et des poids de carcasses pour plusieurs catégories de bovins de boucherie.
b. Valeurs exprimées en kg animal^{-1} an^{-1}; par contre, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

3 Les TCD de 2024 pour le Canada sont accessibles en ligne à : https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2024.

Tableau A6.4–2 **Coefficients d'émission (CE) du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines**

Catégories autres que les bovins	CE attribuables à la fermentation entérique (kg CH_4 animal^{-1} année^{-1})
Porcins	
Verrats	1,5
Truies	1,5
Porcs < 20 kg	1,5
Porcs 20–60 kg	1,5
Porcs > 60 kg	1,5
Autres animaux d'élevage	
Moutons	8
Agneaux	8
Chèvres	5
Chevaux	18
Bisons	55
Lamas et alpacas	8
Wapitis et cerfs	20
Sangliers	1,5
Renards	ND
Visons	ND
Lapins	ND
Mules et ânes	10
Volailles	
Poulets	ND
Poules	ND
Dindes	ND

Notes :
ND = Non disponible
Source des données : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.10)

A6.4.2. Gestion des fumiers

Tableau A6.4–3 **Potentiel de production maximale de méthane (B_0) par catégorie animale**

Catégorie animale	Potentiel de production maximale de CH_4 (B_0) (m^3 kg^{-1} SV)
Bovins laitiers[a]	0,24
Bovins non laitiers[b]	0,19
Moutons	0,19
Chèvres	0,18
Chevaux	0,3
Porcs	0,48
Poules	0,39
Poules à griller	0,36
Dindes	0,36

Notes :
SV = Solides volatiles
a. Les bovins laitiers comprennent les vaches laitières et les génisses laitières.
b. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.
Source des données : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A-5 à 10A-9)

Tableau A6.4–4 Facteurs de conversion du méthane (FCM) par catégorie animale et système de gestion des fumiers

Catégories animales	Systèmes liquides (FCM_L)	Stockage du fumier solide et sec (FCM_{SFSS})	Pâturages, grands parcours et enclos (FCM_{PGE})	Autres systèmes (MCF_{AS})
Bovins non laitiers[a]	0,2	0,02	0,01	0,01
Volailles	0,2	0,015	0,015	0,015
Chevaux	S.O.	0,01	0,01	0,01
Chèvres	S.O.	0,01	0,01	S.O.
Moutons	0,2	0,01	0,01	0,01
Agneaux	0,2	0,01	0,01	0,01

Notes :
S.O. = Sans objet
a. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.
Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A-5 à 10A-9 – climat frais, température annuelle moyenne de 12 °C)

Tableau A6.4–5 Facteurs de conversion du méthane (FCM) pour les bovins laitiers et les porcs

Système de gestion des fumiers	Sous-système de gestion des fumiers	Formation de croûtes	FCM
Bovins laitiers			
Liquide	Fosse	Sans croûte	0,17
	Fosse	Avec croûte	0,13
	Réservoir	Sans croûte	0,17
	Réservoir	Avec croûte	0,13
	Plancher latté	S.O.	0,17
Porcs			
Liquide	Fosse	Sans croûte	0,22
	Fosse	Avec croûte	0,11
	Réservoir	Sans croûte	0,22
	Réservoir	Avec croûte	0,11
	Plancher latté	S.O.	0,22
Bovins laitiers et porcs			
Solide[a]	Air d'exercice	S.O.	0,01
	Litière	S.O.	0,01
	Empilement	S.O.	0,02
Compost[a]		S.O.	0,005
Pâturages, parcours et paddocks[a]		S.O.	0,01
		S.O.	0,01

Notes :
S.O. = Sans objet
Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.17 – (climat froid, température annuelle moyenne 12°C)

Tableau A6.4–6 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers des bovins, par sous-catégories, de 1990 à 2024

Année	Coefficients d'émission $CE_{(MM)T}$ (kg CH_4 animal^{-1} année^{-1})							
	Vaches laitières	Génisses laitières[a]	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[b]	Bouvillons[b]	Veaux
1990	13	9	4,5	4,1	3,2	1,9	1,8	2,2
2005	28	13	4,6	4,3	3,1	2,1	1,9	2,4
2018	40	18	4,8	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2019	41	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2020	41	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2021	42	18	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2022	42	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2023	42	18	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2024	42	18	4,8	4,6	3,3	2,3	2,0	2,9

Notes :
a. Dans le cas des génisses laitières, les CE ont été estimés à l'aide des mêmes B_0, FCM et systèmes de gestion des fumiers que pour les vaches laitières.
b. Inscrit en kg animal^{-1} année^{-1}, mais les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

Tableau A6.4–7 **Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers de porcs, par sous-catégories, de 1990 à 2024**

Année	$CE_{(MM)T}$ (kg CH_4 animal^{-1} année^{-1})				
	Verrats	Truies	Porcs (< 20 kg)	Porcs (20–60 kg)	Porcs (> 60 kg)
1990	7,0	7,3	2,2	4,5	8,3
2005	7,0	7,1	2,2	4,4	8,5
2018	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2019	7,0	7,0	2,2	4,3	9,2
2020	7,0	7,0	2,2	4,3	9,3
2021	7,0	7,0	2,1	4,3	9,4
2022	7,0	7,0	2,2	4,2	9,4
2023	7,0	7,0	2,2	4,3	9,5
2024	7,0	7,0	2,2	4,2	9,5

Tableau A6.4–8 **Coefficients d'émission du CH_4 pour la gestion des fumiers de tous les autres animaux d'élevage, 2024**

Catégories d'animaux autres que les bovins	Coefficients d'émission pour la gestion des fumiers $CE_{(MM)}$ (kg CH_4 animal^{-1} année^{-1})
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,33
Agneaux	0,22
Chèvres	0,32
Chevaux	2,6
Bisons	2,1
Élans et chevreuils	0,22
Sangliers[a]	0,56
Renards	0,68
Visons	0,68
Lapins	0,08
Mules et ânes	0,76
Volaille	
Poulets	0,03
Poules	0,11
Dindes	0,10

Note :
a. Coefficients d'émission basé sur les SV établis pour les porcs, dans l'hypothèse de 100 % de fumiers solides.

Tableau A6.4–9 **Coefficients d'émission pour les bovins laitiers et les porcs pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O-N, par les systèmes de gestion des déchets animaux**

Système de gestion des fumiers	Sous-système de gestion des fumiers	Formation de croûtes	Coefficient d'émission
Liquide	Fosse	Sans croûte	0
	Fosse	Avec croûte	0,005
	Réservoir	Sans croûte	0
	Réservoir	Avec croûte	0,005
	Plancher latté	S.O.	0,002
Solide	Air d'exercice	S.O.	0,02
	Litière	S.O.	0,02
	Empilement	S.O.	0,005
Autre	Compost	S.O.	0,01

Notes :
S.O. = Sans objet
Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.21)

Tableau A6.4–10 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O-N, par catégorie animale, pour les systèmes de gestion des déchets animaux**

	Systèmes liquides (CE_L)	Stockage du fumier solide et sec (CE_{SFSS})	Autres systèmes (CE_{AS})
Bovins non laitiers	0,001	0,02	0,005
Vollailes	0,001	0,02	0,005
Moutons et agneaux	0,001	0,02	0,005
Chèvres	0,001	0,02	0,005
Chevaux	0,001	0,02	0,005
Mules et ânes	0,001	0,02	0,005
Buffles	0,001	0,02	0,005

Note :
Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.21)

Tableau A6.4–11 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier de bovins et de porcs, sous forme de N_2O, pendant l'entreposage**

Année	CE (g N_2O animal^{-1} année^{-1})				
	1990	2005	2015	2020	2024
Bovins[a]					
Vaches laitières[b]	1 268	1 128	930	917	896
Vaches de boucherie	862	999	1 093	1 102	1 169
Taureaux	1 305	1 495	1 641	1 575	1 615
Génisses laitières[b]	938	906	745	751	751
Génisses de boucherie	680	769	838	843	894
Génisses pour l'abattage	320	425	458	467	475
Bouvillons	336	426	468	481	501
Veaux	382	383	382	382	384
Porcs[c]					
Truies	74	29	24	24	24
Verrats	95	58	58	57	59
Porcs (<20 kg)	6	2	2	2	2
Porcs (20-60 kg)	26	12	10	9	9
Porcs (>60 kg)	52	25	22	22	23

Notes :

a. Les coefficients d'émission sont estimés à partir de l'information dans Boadi et al. (2004), Marinier et al. (2004) et (2005) et les coefficients par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'origine des coefficients d'émission de Niveau 2 est expliqué à l'Annexe 3.4 du RIN.

b. Pour les vaches laitières et les génisses, les taux d'excrétion de l'azote sont estimés à partir de l'information sur les rations alimentaires de Lactanet, et les pratiques d'entreposage du fumier extraitent du sondage sur la gestion agricole décrit à l'Annexe 3.4 du RIN.

c. Pour les porcs, les taux d'excrétion de l'azote sont calculés à l'aide des paramètres par défaut du GIEC et de la série chronologie de la masse animale propre au pays, et les pratiques d'entreprosage de fumier sont tirées d'enquêtes sur la gestion des exploitations agricoles, comme il est décrit à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–12 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier non bovin ou porcin, sous forme de N_2O, pendant l'entreposage, 2024**

Catégories autres que celle des bovins	Coeficient d'émission (CE)[a] (g N_2O animal^{-1} année^{-1})
Volaille	
Dindes	54
Poules	13
Poulette	6
Poulet	11
Autres animaux d'élevage	
Moutons	44
Chèvres	135
Bisons	990
Cheveaux	486
Lamas et alpacas	163
Agneaux	41
Chevreuils	222
Wapitis	210
Sangliers	280
Lapins	149
Visons	95
Renard	250
Mules et ânes	265

Note :

a. Les coefficients d'émission sont estimés à partir de l'information dans Marinier et al. (2004) et (2005) et des coefficients par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC. Le calcul des coefficients d'émission de Niveau 2 est expliqué dans l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–13 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier de bovins et de porcs, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et la lixiviation pendant l'entreposage**

	CE (g N_2O animal^{-1} année^{-1})				
	1990	2005	2015	2020	2024
Volatilisation[a]					
Vaches laitières	261	263	217	214	207
Vaches de boucherie	98	105	113	112	118
Taureaux	162	162	173	162	164
Génisse laitières	197	187	152	151	150
Génisses de boucherie	86	83	88	87	92
Génisse pour l'abattage	48	48	54	54	54
Bouvillons	49	58	59	59	63
Veaux	46	43	42	41	41
Verrats	63	58	49	48	48
Truies	60	54	45	42	43
Porcs < 20 kg	5	5	4	4	4
Porcs 20–60 kg	21	20	17	17	17
Porcs > 60 kg	43	42	38	40	41
Lixiviation[b]					
Vaches laitières	23	15	10	9	9
Vaches de boucherie	0	0	0	0	0
Taureaux	0	0	0	0	0
Génisse laitières	16	12	9	9	9
Génisses de boucherie	0	0	0	0	0
Génisse pour l'abattage	0	0	0	0	0
Bouvillons	0	0	0	0	0
Veaux	0	0	0	0	0
Verrats	1,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Truies	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Porcs < 20 kg	0,10	0,02	0,01	0,01	0,01
Porcs 20–60 kg	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
Porcs > 60 kg	0,9	0,3	0,2	0,2	0,2

Notes :

a. Les émissions indirectes de N_2O provenant de la volatilisation sont calculées à l'aide des valeurs de CE_4 propres au climat du Tableau 11.3 du Chapitre 11 du Volume 4 de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). La volatilisation est calculée d'après Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016). La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

b. La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission provenant de la lixiviation des fumiers de porcs et de vaches laitières est fondée sur Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016). La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–14 **Coefficients d'émission (CE) annuels pour les pertes d'azote (N) du fumier de bovins et de porcs, sous forme de NH_3, attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage**

	CE (kg NH_3 animal^{-1} année^{-1})				
	1990	2005	2015	2020	2024
Bovins					
Vaches laitières	22	17	13	13	13
Vaches de boucherie	39	67	50	51	50
Taureaux	3,7	5,3	4,4	4,3	4,2
Génisse laitières	7,6	6,0	4,3	4,2	4,1
Génisses de boucherie	5,7	7,1	6,1	6,5	6,0
Génisse pour l'abattage	2,3	6,1	5,2	4,7	4,8
Bouvillons	4,7	7,6	8,5	8,4	9,1
Veaux	18	26	18	18	17
Porcs					
Verrats	4,6	7,1	4,7	4,8	4,8
Truies	0,29	0,15	0,074	0,064	0,061
Porcs < 20 kg	1,1	1,7	1,6	1,7	1,7
Porcs 20–60 kg	4,7	7,0	3,7	3,8	3,8
Porcs > 60 kg	9,0	14	12	14	14

Note : Les coefficients d'émission attribuables à la volatilisation sont calculés d'après Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016). La méthode utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–15 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et au lessivage pendant l'entreposage, 2024**

Catégorie de bétail	Coefficient d'émission de volatilisation (CE)[a] (g N_2O animal^{-1} année^{-1})	Coefficient d'émission de lixiviation (CE)[b] (g N_2O animal^{-1} année^{-1})
Volaille		
Dindes	16	0
Poules	4,5	0
Poulette	2,3	0
Poulet	3,3	0
Autres animaux d'élevage		
Moutons	3,2	0
Chèvres	10	0
Bisons	85	0
Cheveaux	29	0
Lamas et alpacas	12	0
Agneaux	3,0	0
Chevreuils	41	0
Wapitis	20	0
Sangliers	46	0
Lapins	31	0
Visons	7,7	0
Renard	21	0
Mules et ânes	16	0

Notes :

a. Les coefficients d'émission de N_2O indirecte attribuable à la volatilisation sont calculés à l'aide des valeurs de CE_4 propres au climat tirées du Tableau 11.3 du Chapitre 11 du Volume 4 de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). La méthode utilisée pour le calcul des coefficients d'émission attribuable à la volatilisation est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

b. Les coefficients d'émission de lixiviation ne sont pas calculés, car il n'existe aucune méthode de calcul de Niveau 1 pour les coefficients d'émission attribuable à la lixiviation dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Tableau A6.4–16 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH_3, attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage, 2024**

Catégorie de bétail	Coefficient d'émission (CE) (kg NH_3 animal^{-1} année^{-1})
Volaille	
Dindes	1,0
Poules	0,3
Poulette	0,1
Poulet	0,2
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,2
Chèvres	0,6
Bisons	12
Cheveaux	2,4
Lamas et alpacas	0,8
Agneaux	0,2
Chevreuils	2,6
Wapitis	2,6
Sangliers	3,2
Lapins	1,7
Visons	0,4
Renard	1,2
Mules et ânes	1,3

Note : Les coefficients d'émission de N_2O sont tirés des paramètres par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). La méthode utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

A6.4.3. Pâturages, grands parcours et enclos

Tableau A6.4–17 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables au fumier de bovins produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos**

Année	CE (g N_2O kg^{-1} N année^{-1})[a, b, c, d]									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,68	0,68	0,68	8,8	9,5	8,8	9,7	7,5	9,4	0,68
2005	0,68	0,68	0,68	8,8	9,6	8,8	9,7	7,6	9,4	0,68
2020	0,68	0,68	0,68	8,8	9,6	8,9	9,6	7,5	9,4	0,68
2024	0,68	0,68	0,68	8,7	9,5	8,8	9,6	7,5	9,4	0,68

Notes :
a. Les coefficients d'émission sont estimés d'après Rochette et al. (2014) pour l'est du Canada, et Lemke et al. (2012) pour l'Ouest canadien.
b. La proportion de fumier excrété dans les paturages est tirée de Marinier et al. (2005), pour tous les animaux d'élevage à l'exception des vaches laitières et des génisses.
c. La proportion de fumier excrété dans les paturages par des vaches laitières et des génisses est calculée en fonction de la taille de l'exploitation agricole d'après la méthode de Sheppard et al. (2011a), et décrite à l'Annexe 3.4 du RIN.
d. La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–18 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos**

	CE (g N_2O kg^{-1} N $année^{-1}$)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
Volatilisation[a]										
1990	1,6	1,8	1,6	2,9	2,3	2,9	3,0	2,7	2,3	1,6
2005	1,6	1,8	1,6	3,1	2,2	3,2	3,4	3,1	2,8	1,6
2015	1,6	1,7	1,6	3,0	1,9	3,0	3,3	2,7	2,6	1,6
2020	1,6	1,7	1,6	2,8	2,1	2,9	3,3	2,7	2,4	1,6
2024	1,6	1,6	1,6	2,9	2,2	2,9	3,3	2,7	2,4	1,6
Lixiviation[b]										
1990	1,9	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,6
2005	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,6
2015	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,6
2020	1,8	1,7	2,1	3,5	3,6	3,5	3,1	3,5	3,4	1,5
2024	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,5

Notes :

a. Pour les vaches laitières, les calculs des coefficients d'émission découlant de la volatilisation sont basés sur Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016), et les coefficients d'émission indirecte de N_2O propres au climat par défaut proviennent de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). Pour tous les animaux d'élevage autres que les vaches laitières, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les coefficients d'émission indirecte de N_2O découlant de la volatilisation. Les paramètres par défaut utilisés proviennent des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et sont décrits à l'Annexe 3.4 du RIN.

b. La méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC utilisée pour estimer les coefficients d'émission de N_2O découlant de la lixiviation dans les sols agricoles est décrite à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–19 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH_3, attribuables à la volatilisation du fumier produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos**

Année	CE (g NH_3 kg^{-1} N $année^{-1}$)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,20	0,18	0,19	0,13	0,10	0,13	0,14	0,12	0,10	0,20
2005	0,21	0,19	0,20	0,14	0,10	0,14	0,16	0,14	0,13	0,21
2020	0,21	0,19	0,20	0,13	0,09	0,13	0,15	0,12	0,11	0,21
2024	0,21	0,19	0,20	0,13	0,10	0,13	0,15	0,12	0,11	0,21

Note : Pour les vaches laitières, les calculs des coefficients d'émission découlant de la volatilisation sont basés sur les méthodes de Sheppard et al. (2011b) et de Chai et al. (2016). Pour tous les animaux d'élevage autres que les vaches laitières, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les coefficients d'émission découlant de la volatilisation. Des détails supplémentaires sont fournis à l'Annexe 3.4 du RIN.

A6.4.4. Sols agricoles

Tableau A6.4–20 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N), sous forme de N_2O, des résidus de culture et des engrais azotés organiques et inorganiques, suivant l'épandage sur les sols agricoles

	CE (g N_2O kg^{-1} N $année^{-1}$)						
	AB	BC	MB	ATL[a]	ON	QC	SK
N organique							
1990	8,1	6,9	9,0	7,6	15	17	5,0
2005	7,5	7,2	8,4	8,2	16	20	4,2
2015	7,8	8,2	8,8	9,0	16	22	4,1
2020	8,1	8,2	9,6	9,2	16	22	4,0
2022	8,2	8,2	9,9	9,2	16	22	4,0
2023	8,1	8,1	9,9	9,4	16	22	4,0
2024	8,1	8,0	10	9,6	16	22	4,0
N inorganique							
1990	10	5,6	11	12	19	24	7,8
2005	8,7	4,8	11	13	19	28	6,8
2015	8,8	5,1	11	14	20	30	6,5
2020	8,9	4,9	10	14	20	30	6,5
2022	9,0	4,7	10	14	20	29	6,5
2023	9,0	4,7	10	14	20	29	6,5
2024	9,0	4,6	10	14	20	29	6,5
N résidus de culture							
1990	8,2	4,8	8,6	8,5	13	15	6,5
2005	8,0	5,3	8,1	9,2	15	21	5,7
2015	8,2	6,0	8,9	11	16	23	5,6
2020	8,4	5,0	8,7	11	17	25	5,6
2022	8,4	5,2	8,5	11	17	23	5,6
2023	8,5	5,7	8,6	11	17	24	5,6
2024	8,5	5,5	8,5	11	17	24	5,6

Notes :
L'Annexe 3.4 du RIN décrit la méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission du N_2O des sols, propres au pays.
a. ATL = Canada atlantique (NB, NL, NS et PE)

Tableau A6.4–21 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH_3, attribuables aux sols agricoles

Année	CE (g NH_3 kg^{-1} N $année^{-1}$)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	235	214	228	295	266	294	254	293	267	239
2005	236	204	196	264	253	258	242	277	256	236
2020	235	199	181	250	250	249	237	265	252	236
2024	233	201	176	259	261	244	236	263	252	234

Notes :
Pour les vaches laitières et porcs, les calculs pour la volatilisation sont basés sur Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016).
Pour les autres catégories, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions découlant de la volatilisation. Des détails supplémentaires sont fournis à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–22 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N_2O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier épandu sur les sols agricoles

	CE (g N_2O kg^{-1} N $année^{-1}$)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
Volatilisation[a]										
1990	1,5	2,7	1,6	5,3	4,8	5,3	5,3	4,6	4,8	1,5
2005	1,5	2,4	1,3	4,8	4,6	4,7	5,0	4,4	4,6	1,5
2020	1,5	2,4	1,2	4,5	4,5	4,5	4,8	4,3	4,6	1,5
2024	1,5	2,4	1,2	4,6	4,5	4,4	4,8	4,3	4,6	1,5
Lixiviation[b]										
1990	1,9	2,3	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	1,6
2005	1,8	2,3	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	1,6
2020	1,8	2,3	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	1,5
2024	1,8	2,3	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	1,5

Notes :

a. Pour les vaches laitières et les porcs, les calculs pour la volatilisation sont basés sur Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016) et les coefficients d'émision indirecte du N_2O propres au climat par défaut du GIEC sont extraits de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). Pour les autres catégories, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les coefficients d'émisson indirecte du N_2O découlant de la volatilisation. Les paramètres par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC et de la version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019; 2006) qui ont été utilisés sont décrits à l'Annexe 3.4 du RIN.

b. Une méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de N_2O découlant de la lixiviation dans les sols agricoles et est décrite à l'Annexe 3.4 de RIN.

Tableau A6.4–23 Fraction de l'azote volatilisé ($FRAC_{GASM}$) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage de N biosolide sur les sols agricoles

Coefficient d'émission par défaut du GIEC, $FRAC_{GASM}$	0,21 kg NH_3-N volatilisé kg^{-1} N épandu

Note :
Source : GIEC (2019)

Tableau A6.4–24 Coefficient d'émission de N_2O pour la culture de sols organiques à latitude moyenne

	Cultures annuelles	Cultures pérennes
Coefficient d'émission par défaut du GIEC pour la culture des sols organiques à la latitude moyenne	13,0 kg N_2O-N ha^{-1} an^{-1}	9,5 kg N_2O-N ha^{-1} an^{-1}

Note :
Source : GIEC (2014)

Tableau A6.4–25 Coefficient d'émission (CE) pour l'azote (N) biosolide relâché indirectement sous forme de N_2O en raison de la lixiviation des biosolides appliqués aux sols agricoles

Année	CE (g N_2O kg^{-1} N appliqué)						
	AB	BC	MB	ATL[a]	ON	QC	SK
1990	2,0	1,9	2,1	3,5	3,1	3,4	1,5
2005	2,0	2,0	2,1	3,5	3,0	3,4	1,5
2020	2,0	2,0	2,1	3,5	3,0	3,4	1,5
2024	2,0	2,1	2,1	3,5	3,0	3,4	1,5

Notes :
Une méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de N_2O découlant de la lixiviation dans les sols agricoles, comme décrit à l'Annexe 3.4 du RIN.

a. ATL = Canada atlantique (NB, NL, NS et PE)

Tableau A6.4–26 **Fraction de l'azote volatilisé ($FRAC_{GASF}$) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2024, à l'échelle provinciale**										
Année	CE implicite (kg de NH_3-N volatilisée kg^{-1} d'engrais azotés inorganiques appliqués)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,05
2005	0,05	0,08	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,05
2020	0,05	0,08	0,05	0,05	0,00	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05
2024	0,05	0,07	0,05	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05

Tableau A6.4–27 **Émissions indirectes de N_2O provenant des sols agricoles**	
Coefficient d'émission découlant de la volatilisation et à la redéposition d'azote[a]	Climat humide : 0,014 kg N_2O-N kg^{-1} N Climat sec : 0,005 kg N_2O-N kg^{-1} N
Coefficient d'émission découlant de la lixiviation/du ruissellement[b]	0,0075 kg N_2O-N kg^{-1} N
Notes : a. Source : GIEC (2019) b. Source : GIEC (2006)	

A6.4.5. Autres sources

Tableau A6.4–28 **Émissions de CH_4 et de N_2O provenant de l'incinération des résidus agricoles dans les champs**	
Coefficient d'émission de CH_4	2,7 g CH_4 kg^{-1} matière sèche brûlée
Coefficient d'émission de N_2O	0,07 g N_2O kg^{-1} matière sèche brûlée
Note : Source : GIEC (2006)	

Tableau A6.4–29 **Émissions de CO_2 attribuables au chaulage et à l'application d'urée**	
Coefficient d'émission de dolomite	0,12 Mg C / Mg de dolomite appliquée
Coefficient d'émission de calcaire	0,11 Mg C / Mg calcaire appliqué
Coefficient d'émission d'urée	0,20 Mg C / Mg d'urée
Note : Source : GIEC (2006)	

A6.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Les méthodes de Niveau 2 et Niveau 3 et les paramètres propres au pays du GIEC ont servi à produire des estimations des émissions pour la plupart du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF). Le Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3[4]) a servi à estimer la croissance, la chute de litière, la mortalité et la décomposition des arbres, ainsi que les effets des perturbations naturelles sur les terres forestières et les émissions produites par la conversion des forêts pour d'autres usages. Pour ce qui est des Terres cultivées, un modèle de processus (CENTURY[5]) a servi à estimer les émissions et les absorptions de CO_2 telles qu'elles sont influencées par les activités de gestion, d'après la Base nationale de données sur les sols du Système d'information sur les sols du Canada[6]. L'Annexe 3.5 de ce rapport explique plus en détail aux sections A3.5.2 et A3.5.4 les méthodes en lien avec les Terres forestières, la conversion des forêts et les Terres cultivées.

Un modèle propre au pays, le modèle du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts pour les produits ligneux récoltés (SNSCPRCF-PLR)[7] a servi à estimer les émissions associées à l'utilisation et à l'élimination des produits ligneux récoltés déclarées dans la catégorie Produits ligneux récoltés. Pour plus de détails sur les méthodes et paramètres intégrés au modèle, voir la section A3.5.3.

Les émissions résultant de la conversion et de la gestion des tourbières pour l'extraction de tourbe, de la création de terres submergées (réservoirs) et de l'extraction de ressources là où il n'y a aucune preuve de déboisement et de la conversion de prairies en Établissements, sont estimées à l'aide des méthodes de Niveau 2 et des paramètres propres au pays (voir sections A3.5.6.1, A3.5.6.2 et A3.5.7.3). L'absorption nette de CO_2 par la croissance des arbres en milieu urbain est estimée à l'aide d'une méthode de Niveau 2A du GIEC (voir section A3.5.7.1). En outre, les émissions résultant du brûlage occasionnel de prairies sont estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 1 et des coefficients d'émission par défaut du GIEC (voir section A3.5.5.1).

Une compilation des coefficients d'émission et des autres paramètres ayant servi à établir et à rapporter les estimations de l'ATCATF se trouve dans cette annexe (voir la Figure A6.5–1 et du Tableau A6.5–1 au Tableau A6.5–13).

4 Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien : https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatique-forets/modele-generique-bilan-carbone?_gl=1*1o82w9g*_ga*MTYwNzIxOTg1NS4xNzExNDc3ODAw*_ga_C2N57Y7DX5*MTc0MjQ4NTM0Ny40MC4xLjE3NDI0ODUzNTAuMC4wLjA.

5 CENTURY Soil Organic Matter Model Environment : https://www2.nrel.colostate.edu/projects/irc/public/Documents/Software/Century5/Reference/html/Century/cent5-overview.htm (en anglais seulement)

6 Base nationale de données sur les sols : https://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/index.html.

7 Système canadien de déclaration du carbone forestier : https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/comptabilisation-carbone-forestier/13088.

Figure A6.5–1 **Paramètres des matrices des perturbations pour la modélisation du carbone (exemples choisis)**

Matrice de perturbation simulant les transferts de carbone attribuables à la coupe à blanc et la coupe de récupération applicables dans toutes les écozones, sauf celles de l'Alberta et du Québec

	13	14	15	16	17	18	19	24	25	Produits
1. Bois de résineux marchand					0,15					0,85
2. Feuillage de résineux	1									
3. Autres composantes de résineux			1							
4. Bois de résineux marchand secondaire			1							
5. Racines grossières de résineux			0,5	0,5						
6. Radicelles de résineux	0,5	0,5								
7. Bois de feuillus marchand					0,15					0,85
8. Feuillage de feuillus	1									
9. Autres composantes de feuillus			1							
10. Bois de feuillus marchand secondaire			1							
11. Racines grossières de feuillus			0,5	0,5						
12. Radicelles de feuillus	0,5	0,5								
13. C de MOM aérienne très rapide	1									
14. C de MOM souterraine très rapide		1								
15. C de MOM aérienne rapide			1							
16. C de MOM souterraine rapide				1						
17. C de MOM moyenne					1					
18. C de MOM aérienne lente						1				
19. C de MOM souterraine lente							1			
20. Chicot de tiges de résineux					0,5					0,5
21. Chicot de branches de résineux			1							
22. Chicot de tiges de feuillus					0,5					0,5
23. Chicot de branches de feuillus			1							
24. Carbone noir								1		
25. Tourbe									1	

Matrice des perturbations simulant les transferts de carbone associés à la récolte de bois de chauffage d'essences de bois dur applicables dans l'écozone maritime de l'Atlantique et celle des plaines à forêts mixtes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Produits
1. Bois de résineux marchand	1																									
2. Feuillage de résineux		1																								
3. Autres composantes de résineux			1																							
4. Bois de résineux marchand secondaire				1																						
5. Racines grossières de résineux					1																					
6. Radicelles de résineux						1																				
7. Bois de feuillus marchand							0,7																			0,3
8. Feuillage de feuillus								0,7					0,3													
9. Autres composantes de feuillus									0,7						0,1											0,2
10. Bois de feuillus marchand secondaire										0,7													0,3			
11. Racines grossières de feuillus											0,7				0,15	0,15										
12. Radicelles de feuillus												0,7	0,15	0,15												
13. C de MOM aérienne très rapide													1													
14. C de MOM souterraine très rapide														1												
15. C de MOM aérienne rapide															1											
16. C de MOM souterraine rapide																1										
17. C de MOM moyenne																	1									
18. C de MOM aérienne lente																		1								
19. C de MOM souterraine lente																			1							
20. Chicot de tiges de résineux																				1						
21. Chicot de branches de résineux																					1					
22. Chicot de tiges de feuillus																						0,5				0,5
23. Chicot de branches de feuillus																							0,5			0,5
24. Carbone noir																								1		
25. Tourbe																									1	

A6.5.2. Produits ligneux récoltés

Tableau A6.5–1 Valeurs par défaut des paramètres utilisés dans l'analyse des Produits ligneux récoltés

Description	Unités	Valeur
Facteur d'expansion de l'écorce, espèces résineuses	sans unité	1,11[a]
Facteur d'expansion de l'écorce, espèces feuillues	sans unité	1,15[a]
Facteur d'expansion de l'écorce, espèces mélangées	sans unité	1,13[a]
Teneur en C du bois	tonnes C t.a.$^{-1}$, [b]	0,5[c]

Notes :
a. GIEC (2006) (Vol. 4, Tableau 12.5)
b. Tonnes de carbone par tonne anhydre (t.a.) de matières ligneuses.
c. GIEC (2006) (Vol. 4, Tableau 12.4)

Tableau A6.5–2 Densité du bois selon les produits

Pays	Description	Unité	Valeur
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bois rond	t.a. m^{-3}	0,386 [a]
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bois scié	t.a. m^{-3}	0,481 [a]
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, autre bois rond industriel	t.a. m^{-3}	0,583 [a]
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, panneaux de boix	t.a. m^{-3}	0,643 [b]
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bioénergie	t.a. m^{-3}	0,523 [c]
États-Unis	Bois rond résineux	t.a. m^{-3} de bois vert	0,46 [d]
États-Unis	Bois rond rond non résineux	t.a. m^{-3} de bois vert	0,53 [d]
États-Unis	Bois rond résineux et non résineux	t.a. m^{-3} de bois vert	0,47 [d]
États-Unis	Contreplaqué et feuille de placage - feuillus	tonne C m^{-3}	0,28 [e]
États-Unis	Bois d'œuvre de résineux	tonne C m^{-3}	0,22 [e]
États-Unis	Bois d'œuvre de feuillus	tonne C m^{-3}	0,26 [e]
États-Unis	Panneau de particules	tonne C m^{-3}	0,29 [e]
États-Unis	Panneau dur	tonne C m^{-3}	0,42 [e]
États-Unis	Panneau de fibres de moyenne densité	tonne C m^{-3}	0,32 [e]
États-Unis	Panneau de fibres comprimé	tonne C m^{-3}	0,37 [a]
États-Unis	Pâtes et papier et carton	tonne C t.s.a.$^{-1}$	0,42 [e]
États-Unis	Carton isolant	tonne C m^{-3}	0,45 [e]
Tous les autres	Bois scié – résineux	t.a. m^{-3}	0,45 [f]
Tous les autres	Bois scié – non résineux	t.a. m^{-3}	0,45 [f]
Tous les autres	Panneaux structurels	t.a. m^{-3}	0,63 [f]
Tous les autres	Panneaux non structurels	t.a. m^{-3}	0,63 [f]
Tous les autres	Papier	t.a. m^{-3}	0,9 [f]
Tous les autres	Pâte de bois	t.a. m^{-3}	0,9 [f]

Notes :
t.a. = tonne anhydre de matières ligneuses
t.s.a. = tonne de produits séchés à l'air

a. Valeurs propres au pays calculées à partir de l'analyse interne des niveaux d'aménagement des forêts du Canada déterminés en 2011–2012.
b. D'après D. Briggs (1994)
c. Moyenne des valeurs pour le bois rond, le bois scié et autre bois rond et paneaux de bois industriels.
d. FAO (2010)
e. Skog (2008)
f. GIEC (2006) (Vol. 4, Tableau 12.4)

Tableau A6.5–3 **Demi-vies (années) des produits ligneux récoltés utilisés**

Pays	Description[a]	Valeur
Canada	Bois scié	35[b]
Canada	Panneaux de bois	25[c]
Canada	Pâtes et papier	2[b]
Canada	Autre bois rond industriel	35[b]
É.-U.	Bois scié	40[b]
É.-U.	Panneaux de bois	27,04[c]
É.-U.	Pâtes et papier	3,25[c]
É.-U.	Autre bois rond industriel	40[b]
Reste du monde	Bois scié	35[b]
Reste du monde	Panneaux de bois	25[c]
Reste du monde	Pâtes et papier	2[b]
Reste du monde	Autre bois rond industriel	35[b]

Notes :
a. Il est présumé que le bois de chauffage et les résidus des scieries sont brûlés et éliminés, respectivement, au cours de l'année de la récolte.
b. GIEC (2003) (Annexe 3a.1, Tableau 3a.1.3)
c. Calculée d'après le GIEC (2003) (Annexe 3a.1, Tableau 3a.1.3)

A6.5.3. Terres cultivées

Tableau A6.5–4 **Coefficients du carbone organique du sol agricole par région et par type de changement d'aménagement des terres (CAT)**

Zone[a, e]	CAT[b, c]	k an^{-1}	$\Delta C_{CATCmax}$ (Mg ha^{-1})	Dernière année d'effet d'après le CAT[d]	Coefficient linéaire moyen annuel de durée de l'effet du CAT (Mg ha^{-1} par an)	Coefficient linéaire moyen annuel pour les premières 20 années du CAT (Mg ha^{-1} par an)
Est de l'Atlantique	TI à CSL	0,0216	3,5	52	0,05	0,06
	TI à TRS	0,0251	2,4	36	0,04	0,05
	TRS à CSL	0,0233	1,1	1	0,03	0
	Augmentation des vivaces	0,0217	43,4	167	0,25	0,77
Centre-Est	TI à CSL	0,025	5	65	0,06	0,1
	TI à TRS	0,0261	1,9	25	0,04	0,04
	TRS à CSL	0,0255	3,2	46	0,05	0,06
	Augmentation des vivaces	0,0247	38,2	147	0,25	0,74
Forêts-parcs	TI à CSL	0,0286	6,5	70	0,08	0,14
	TI à TRS	0,0242	2,8	41	0,04	0,05
	TRS à CSL	0,0263	3,7	51	0,05	0,07
	Augmentation des vivaces	0,0233	29,4	142	0,2	0,55
Prairies semi-arides	TI à CSL	0,0261	4,9	63	0,06	0,1
	TI à TRS	0,0188	2,3	30	0,03	0,04
	TRS à CSL	0,0222	2,5	37	0,04	0,05
	Augmentation des vivaces	0,0281	26,1	120	0,21	0,56
Ouest	TI à CSL	0,0122	4,8	69	0,04	0,05
	TI à TRS	0,0116	0,8	0	0	0
	TRS à CSL	0,0119	3,9	53	0,03	0,04
	Augmentation des vivaces	0,0155	34,4	198	0,17	0,46

Notes :
Les coefficients linéaires efficaces du Carbone organique du sol ont été générés à l'aide de l'équation $F_{CAT(t)} = \Delta C_{CATmax} \times [1 - \exp(-k \times t)]$.
a. Résumé pondéré par zone : « Est de l'Atlantique » est la zone de déclaration maritime de l'Atlantique plus la zone de déclaration du Bouclier boréal à NL, « Centre-Est » est la zone de déclaration des plaines de forêts mixtes plus la section est de la zone de déclaration du Bouclier boréal en ON et au QC; « Forêts-parcs » désigne les zones des Prairies subhumides, du Bouclier boréal ouest et des plaines boréales plus les régions de la zone de déclaration de la Cordillère montagnarde où des activités agricoles sont attenantes aux activités agricoles dans le reste de la zone des forêts-parcs; enfin « Ouest » désigne la zone de déclaration maritime du Pacifique plus la Cordillère montagnarde, à l'exception de la portion de cette dernière comprise dans la zone des forêts-parcs décrite ci-dessus.
b. Pour les changements d'aménagement des terres dans le sens opposé à celui qui est énuméré, la valeur F_{CATmax} est l'inverse additif de la valeur indiquée.
c. TI = travail intensif du sol, TRS = travail réduit du sol, CSL = culture sans travail du sol
d. Aucune autre fluctuation de C quand la valeur absolue du taux de fluctuation est inférieure à 25 kg C ha^{-1} par an.
e. Facteurs estimés des changements en rendement; par conséquent, les apports de carbone aux sols ne peuvent se résumer en un seul facteur régional, l'élaboration d'autres méthodes de simplification des facteurs est en cours.

Tableau A6.5–5 Ratios C:N du fumier provenant des principaux animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers, épandu sur des sols agricoles

Animal d'élevage	Type de fumier	Ratio C:N[a]
Vache laitière	Liquide	15,0 (±7,3)[b]
	Solide	13,1 (±1,4)[c]
Bovin de boucherie	Solide	14,1 (±4,7)[d]
Porc	Liquide	10,5 (±2,4)[e]
Volaille	Solide	5,0 (±0,4)[f]

Notes :
a. Les chiffres entre parenthèses sont les écarts-types.
b. Bhandral et al. (2009); Rochette et al. (2008); Pelster et al. (2012); Lynch et al. (2005); Maillard et al. (2015); Maillard et al. (2016); Aoyama et al. (1999)
c. Rochette et al. (2008)
d. Hao et al. (2003); Sommerfeldt et al. (1988); Izaurralde et al. (2001); Grant et al. (2001); Pare et al. (1999); Larney and Janzen (1996)
e. Pelster et al. (2012); Chantigny et al. (2000); Chantigny et al. (2007); Chantigny et al. (2010); Chantigny et al. (2012)
f. Pelster et al. (2012); Forge et al. (2016); Rees et al. (2014); Larney and Janzen (1996)

Tableau A6.5–6 Rétention du C issu de l'épandage de fumier sur des sols destinés à une production annuelle

Type de fumier	Rétention du C des fumiers %
Fumier solide de porc et de bovin	26 (±1,4[a])
Fumier composté de porc	36 (±2,2)
Fumier liquide de porc et de bovin	4,7 (±3,6)

Notes :
a. Erreurs-types
Source des données : Liang et al. (2021)

Tableau A6.5–7 Facteur de perte de CO_2 des sols pour la culture de sols organiques à latitude moyenne

	Cultures annuelles	Cultures pérennes
Coefficient d'émission par défaut du GIEC pour la culture de sols organiques à la latitude moyenne	7,9 Mg CO_2-C ha^{-1} an^{-1}	5,7 Mg CO_2-C ha^{-1} an^{-1}

Note :
Source : GIEC (2014)

Tableau A6.5–8 **Paramètres et coefficients d'émission (CE) servant à l'estimation des émissions produites par l'extraction de tourbe**

Paramètre / coefficient d'émission	Unité[a]	Valeur
Extraction de la biomasse		
Biomasse extraite des terres forestières	t C ha^{-1}	19,2[b]
Biomasse extraite d'autres terres	t C ha^{-1}	2,8[b]
Drainage, extraction active et non restaurée		
CO_2 des zones drainées, en extraction active et non restaurées	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	9,42[c]
CO_2 -COD des zones drainées, en extraction active et non restaurées	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	1,38[d]
CH_4 des zones drainées, en extraction active et non restaurées	t CH_4 ha^{-1} an^{-1}	0,020[e]
N_2O des zones drainées, en extraction active et non restaurées	t N_2O ha^{-1} an^{-1}	0,00047[f]
Empilage et transformation de la tourbe		
Quantité de tourbe empilée	t C ha^{-1}	50[g]
Constante de décomposition exponentielle, tourbe empilée		0,05[g]
Fraction de carbone des produits de la tourbe	t C t de tourbe séchée à l'air^{-1}	0,26[h]
Régénération/récupération naturelle		
Régénération naturelle de CO_2 après la coupe en blocs	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	8,7[i]
Régénération naturelle de CH_4 après la coupe en blocs	t CH_4 ha^{-1} an^{-1}	0,012[j]
Régénération naturelle de CO_2 après la mise sous vide	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	7,6[k]
Régénération naturelle de CH_4 après la mise sous vide	t CH_4 ha^{-1} an^{-1}	0,043[l]
Régénération naturelle de CO_2 -COD	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	0,33[m]
CO_2 provenant de la tourbe de la plantation d'arbres	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	14,6[n]
Remouillage et restauration		
CO_2 TTCM restaurée ≤12 années	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	7,89[o]
CO_2 TTCM restaurée >12 années	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	-3,29[p]
CH_4 TTCM restaurée	t CH_4 ha^{-1} an^{-1}	0,03[q]
CO_2 remouillage actif	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	-4,50[r]
CH_4 remouillage actif	t CH_4 ha^{-1} an^{-1}	0,19[r]
CO_2-COD des zones restaurées/remouillées	t CO_2 ha^{-1} an^{-1}	0,33[m]
N_2O des zones de TTCM restaurées/remouillées	t N_2O ha^{-1} an^{-1}	S.O.[s]

Notes :
TTCM = technique de transfert de la couche de mousse
S.O. = sans objet

a. Toutes les unités où le gaz à effet de serre (GES) est précisé sont les unités du GES concerné (CO_2, CH_4 ou N_2O) au lieu de C et N.
b. Hayne et Verbicki (2011)
c. Moore et al. (2002), cité dans Cleary (2003); Glatzel et al. (2003); Waddington et al. (2010); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014); Nugent et al. (2019); Rankin et al. (2018); Clark et al. (2023); Turmel-Courchesne et al. (2023); Hunter et al. (2024)
d. Waddington et al. (2008); Strack and Zuback (2013)
e. Moore et al. (2002), cité dans Cleary (2003); Waddington et Day (2007); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014); Rankin et al. (2018); Nugent et al. (2019); Turmel-Courchesne et al. (2023); Clark et al. (2023); Hunter et al. (2024)
f. GIEC, 2014 (Tableau 2.5, valeur par défaut pour les zones climatiques boréales et tempérées).
g. Cleary (2003); Hayne et al. (2014); Sharma et al. (2024)
h. Hayne et al. (2014)
i. Waddington et Price (2000); Waddington et al. (2002); Waddington et Warner (2001); McNeil et Waddington (2003); Cagampan et Waddington (2008)
j. Waddington et Price (2000)
k. Moore et al. (2002) cité dans Cleary (2003); Petrone et al. (2001); Petrone et al. (2003); Waddington et al. (2010); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014)
l. Moore et al. (2002) cité dans Cleary (2003); Waddington et Day (2007); Strack et Zuback (2013); Strack et al., (2014)
m. Waddington et al. (2008); Strack et Zuback (2013); Nugent et al. (2018); D'Acuna et al., (2019)
n. Garcia Bravo et al. (2018)
o. Moore et al. (2002) (données inédites) cité dans Cleary (2003); Petrone et al. (2001); Petrone et al. (2003); Waddington et al. (2010); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014); Nugent et al. (2019); Lazcano et al. (2018)
p. Nugent et al.(2018)
q. Moore et al. (2002) (données inédites) cité dans Cleary (2003); Waddington et Day (2007); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014); Nugent et al. (2018); Nugent et al. (2019); Lazcano et al. (2018)
r. Turmel-Courchesne et al. (2023); Lee et al. (2017); D'Acunha et al. (2019)
s. Supplément 2014 du GIEC sur les terres humides, hypothèse par défaut d'absence d'émissions de N_2O provenant des zones remouillées et restaurées.

Tableau A6.5–9 **Coefficients d'émission (CE) moyens des réservoirs par unité de rapprochement (UR)**

Unité de rapprochement	Flux diffusif de CO_2 (g CO_2-C m^{-2} an^{-1})	Flux de référence de CO_2 (g CO_2-C m^{-2} an^{-1})	Flux diffusif de CH_4 (g CH_4 m^{-2} an^{-1})	Flux d'ébullition de CH_4 (g CH_4 m^{-2} an^{-1})	Flux de dégazage de CH_4 (g CH_4 m^{-2} an^{-1})
1 NL – Bouclier boréal est	131	29	0,5	0,015	0,0010
3 NL – Bouclier de la taïga est	160	35	6,3	0,31	0,11
4 NL – Bouclier boréal est	125	27	0,8	0,0083	0,0038
5 NS – Maritime de l'Atlantique	119	26	6,1	1,2	0,13
7 NB – Maritime de l'Atlantique	198	43	3,2	0,24	0,26
11 QC – Maritime de l'Atlantique	173	38	5,0	0,65	0,74
12 QC – Plaines à forêts mixtes	174	38	6,0	0,55	1,1
13 QC – Plaines hudsoniennes	143	31	1,3	0,026	0,019
14 QC – Bouclier de la taïga est	141	31	0,5	0,0082	0,0058
15 QC – Bouclier boréal est	151	33	3,5	0,28	0,45
16 ON – Bouclier boréal ouest	162	36	0,6	0,029	0,044
17 ON – Plaines à forêts mixtes	221	48	6,5	1,4	0,053
19 ON – Bouclier boréal est	171	37	4,3	0,47	0,31
21 MB – Bouclier de la taïga ouest	186	41	3,8	0,13	0,68
22 MB – Bouclier boréal ouest	225	49	1,8	0,063	0,18
23 MB – Plaines boréales	417	91	5,6	0,54	0,095
24 MB – Prairies subhumides	437	96	6,8	0,76	0,048
25 MB – Plaines hudsoniennes	226	50	3,8	0,13	0,68
26 SK – Bouclier de la taïga ouest	186	41	3,8	0,13	0,68
27 SK – Bouclier boréal ouest	186	41	3,8	0,13	0,68
28 SK – Plaines boréales	375	82	5,4	0,52	0,40
29 SK – Prairies subhumides	416	91	6,5	0,83	0,032
30 SK – Prairies semi-arides	289	63	5,4	0,70	0,028
31 AB – Taïga des plaines	215	47	3,1	0,26	0,54
34 AB – Plaines boréales	167	36	2,9	0,30	0,037
35 AB – Prairies subhumides	217	47	5,0	0,72	0,081
36 AB – Cordillère montagnarde	162	35	2,8	0,30	0,074
37 AB – Prairies semi-arides	290	63	6,0	0,94	0,028
39 AB – Plaines boréales	150	33	3,1	0,26	0,54
40 BA – Cordillère boréale	159	35	2,0	0,73	0,35
41 BC – Maritime du Pacifique	124	27	2,6	3,3	0,076
42 BC – Cordillère montagnarde	159	35	2,0	0,73	0,35
46 YT – Cordillère boréale	187	41	5,8	0,28	0,048
51 NU – Bouclier de la taïga ouest	186	41	3,8	0,13	0,68

Notes :
Voir les équations et la méthode par substitution dans l'A3.5.6.2.
Coefficients d'émission de CO_2 : UR40 et UR51 ont respectivement utilisé UR42 et UR26 comme substituts.
Coefficients d'émission de CH_4 : UR21, UR26, UR27 et UR51 ont utilisé UR26 comme substitut, alors que UR31 a utilisé UR39.

Tableau A6.5–10 **Paramètres d'émissions résiduelles relatifs au changement d'affectation et à la gestion des terres humides dans la région des sables bitumineux de l'Alberta au Canada**

Type général de perturbation	Scénario de régénération	Traitement de la biomasse	Catégorie de tourbière	Paramètres d'émissions résiduelles			
				a	b	c	d
Recouverte	Aucune régénération de la végétation	brûlée	marais ouvert	4,47	-0,03	0	0
			tourbière ouverte	9,91	-0,048	0	0
			marais boisé	9,34	-0,034	0	0
			tourbière boisée	15,31	-0,039	0	0
		intacte ou transformée en paillis	marais ouvert	4,47	-0,03	0	0
			tourbière ouverte	9,91	-0,048	0	0
			marais boisé	13,03	-0,046	0	0
			tourbière boisée	17,87	-0,044	0	0
Excavée et drainée	Aucune régénération de la végétation	brûlée	marais ouvert	52,11	-0,033	0	0
			tourbière ouverte	65,71	-0,028	0	0
			marais boisé	56,83	-0,033	0	0
			tourbière boisée	73,83	-0,029	0	0
		intacte ou transformée en paillis	marais ouvert	52,17	-0,033	0	0
			tourbière ouverte	66,19	-0,028	0	0
			marais boisé	58,99	-0,033	0	0
			tourbière boisée	75,68	-0,029	0	0
Enlèvement de végétation à incidence élevée	Régénération de la végétation pastorale de sous-étage (autre que les arbres) seulement	intacte ou transformée en paillis	marais ouvert	10,16	-0,398	0,036	-6,41
			tourbière ouverte	2,99	-0,714	0,048	-8,83
			marais boisé	15,25	-0,227	-0,002	-2,49
			tourbière boisée	8,72	-0,201	0,031	-7,59
	Régénération complète	intacte ou transformée en paillis	marais ouvert	10,16	-0,398	0,036	-6,41
			tourbière ouverte	2,99	-0,714	0,048	-8,83
			marais boisé	18,53	-0,18	0,029	-5,89
			tourbière boisée	14,04	-0,153	0,062	-11,83
Enlèvement de végétation à incidence faible	Régénération de la végétation pastorale de sous-étage (autre que les arbres) seulement	intacte ou transformée en paillis	marais ouvert	10,12	-0,398	0,036	-6,41
			tourbière ouverte	2,92	-0,711	0,048	-8,83
			marais boisé	15,28	-0,227	-0,002	-2,49
			tourbière boisée	8,75	-0,201	0,031	-7,59
	Régénération complète	intacte ou transformée en paillis	marais ouvert	10,12	-0,398	0,036	-6,41
			tourbière ouverte	2,92	-0,711	0,048	-8,83
			marais boisé	18,51	-0,18	0,029	-5,89
			tourbière boisée	14,02	-0,153	0,062	-11,83

Notes :
Voir les équations et la méthode par substitution dans l'A3.5.6.2.
Certains paramètres sont nécessaires par mesure de transparence. La biomasse ligneuse est absente des tourbières ouvertes, de sorte que les émissions sont identiques pour tous les types de traitement de la biomasse. La biomasse intacte et transformée en paillis est regroupée, car seuls les petits arbres non marchands sont inclus, et dans les deux cas vont dans le réservoir des « petits débris ligneux » du modèle en se décomposant.

A6.5.5. Établissements

Tableau A6.5–11 Densité du stockage et de la séquestration du carbone dans les arbres urbains

Unité de rapprochement (UR)	Stockage du carbone (t C ha^{-1})	Séquestration du carbone nette (t C ha^{-1} $année^{-1}$)
1 NL – Bouclier boréal est	40	3,0
5 NS – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
6 PE – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
7 NB – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
11 QC – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
12 QC – Plaines à forêts mixtes	58	2,4
15 QC – Bouclier boréal est	40	3,0
16 ON – Bouclier boréal ouest	40	3,0
17 ON – Plaines à forêts mixtes	58	2,4
19 ON – Bouclier boréal est	40	3,0
24 MB – Prairies subhumides	55	2,9
28 SK – Plaines boréales	40	3,0
30 SK – Prairies semi-arides	55	2,9
34 AB – Plaines boréales	40	3,0
35 AB – Prairies subhumides	55	2,9
37 AB – Prairies semi-arides	55	2,9
41 BC – Maritime du Pacifique	97	6,9
42 BC – Cordillière montagnarde	23	1,4

Note :
Source : Steenberg et al. (2023)

A6.5.6. Conversion des forêts

Tableau A6.5–12 Carbone organique du sol dans les terres forestières et cultivées (0 à 30 cm de profondeur)

Texture du sol	Carbone organique du sol (Mg C ha^{-1})		Différence (%)
	Terre forestière[a]	Terre cultivée[a]	
Est du Canada			
Grossière	85 (26)	68 (42)	-20
Moyenne	99 (38)	77 (35)	-22
Fine	99 (58)	78 (36)	-21
Ouest du Canada			
Grossière	73 (39)	74 (38)	1,4
Moyenne	66 (30)	73 (30)	11
Fine	74 (38)	77 (25)	4,0

Note :
a. L'écart-type est entre parenthèses.

Tableau A6.5–13 **Paramètres et coefficients d'émission (CE) pour l'estimation des émissions issues du changement d'affectation des terres dans le nord**

Coefficient d'émission/Paramètre	Unité	Valeur
Biomasse aérienne (BA)		
Couverture terrestre du Canada – Types de végétation[a]		
Forêt de conifères tempérée ou subpolaire	t C ha^{-1}	24[b,c]
Forêt de conifères (Taiga) subpolaire	t C ha^{-1}	17[b,c]
Forêt de feuillus caducifoliée tempérée ou subpolaire	t C ha^{-1}	24[b,c]
Forêt mixte	t C ha^{-1}	24[b,c]
Arbustraie tempérée ou subpolaire	t C ha^{-1}	10[b]
Prairie tempérée ou subpolaire	t C ha^{-1}	4,8[b]
Arbustaie à lichens et à mousses polaire ou subpolaire	t C ha^{-1}	8,0[b]
Prairie à lichens et à mousses polaire ou subpolaire	t C ha^{-1}	4,8[b]
Lande à lichens et à mousses polaire ou subpolaire	t C ha^{-1}	1,5[b, d]
Terre humide	t C ha^{-1}	3,8[b]
Biomasse souterraine (BS)		
Ecozone		
Boréal	Rapport BS:BA	0,21[e]
Arctique	Rapport BS:BA	0,69[e]

Notes :
Les valeurs sont dérivées d'une consultation d'experts de Delphes (Lapointe, 2021) et de la littérature primaire (Wulder et al., 2020; Bona et al., 2020) où les valeurs moyennes correpondent à l'opinion des experts.
a. Latifovic (2019)
b. Lapointe (2022)
c. Wulder et al. (2020)
d. Bona et al. (2018)
e. Poorter et al. (2012)

A6.6. Combustion de la biomasse

A6.6.1. CO_2

Les émissions de CO_2 résultant de la combustion de la biomasse provenant des forêts et autres terres boisées (que ce soit pour la consommation d'énergie, ou généré par le brûlage dirigé ou les feux de végétation) ne sont pas comprises dans les totaux des inventaires nationaux. Les émissions des feux prescrits et de la combustion de cette biomasse à des fins énergétiques sont estimées et déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) dans les Tableaux communs de déclaration (TCD), respectivement aux tableaux 4(V) et 4.G. Les feux de forêt sont considérés comme des perturbations naturelles incontrôlables dans la méthode de modélisation et de déclaration utilisée pour le secteur de l'ATCATF; selon cette méthode, ces émissions et les absorptions ultérieures sont estimées et suivies séparément des émissions ou absorptions résultant des peuplements forestiers gérés commercialement; plus de détails sur cette méthode se trouvent à la section A3.5.2.4.

Les émissions de CO_2 relatives à la combustion de biomasse à des fins de production d'énergie sont déclarées comme poste pour mémoire dans les TCD du secteur Énergie, comme l'exigent les modalités, procédures et lignes directrices du cadre de transparence pour l'action et le soutien visé à l'article 13 de l'Accord de Paris (MPL).

Les émissions dues à la combustion industrielle de la biomasse dépendent avant tout des caractéristiques du combustible brûlé. Le coefficient d'émission (CE) de CO_2 (Tableau A6.6–1) pour les déchets ligneux industriels a été établi à partir de données d'échantillonnage des sources recueillies par le U.S. EPA en unités de lb/MMBTU (un million de BTU; U.S. EPA, 2003). Les données du U.S. EPA ont été converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 0 % au moyen d'un pouvoir calorifique supérieur (PCS) de 20,44 MJ/kg, qui a été établi à partir d'un examen interne des données existantes sur le taux d'humidité et le pouvoir calorifique. Le CE des liqueurs résiduaires a été calculé à partir de données recueillies par le National Council for Air and Stream Improvement (NCASI) et basé sur une teneur en carbone pour laquelle est présumée une correction de 1 % pour le carbone non oxydé (NCASI, 2010). Les CE du NCASI ont été fournis en unités de kg/GJ du PCS, puis convertis en kg/tonne à 0 % d'humidité avec un PCS de 13,7 MJ/kg (Tran, 2014). Le CE des combustibles résiduaires biogènes utilisés dans l'industrie du ciment est calculé à partir des données sur l'utilisation des combustibles déclarées par cette industrie, d'après les normes en matière de comptabilisation et de déclaration de CO_2 établies par le World Business Council for Sustainable Development (WBSCD, 2005) pour les années 2001 à 2016. À partir de 2017, les données sur l'utilisation des combustibles et les émissions associées ont été déclarées par les usines de ciment dans le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, 2025). Un CE moyen pondéré a été établi en fonction des données déclarées.

Les CE de CO_2 pour la combustion résidentielle (Tableau A6.6–1) sont basés sur une étude de ECCC des émissions issues des appareils de chauffage au bois (ECCC, 2024). L'étude recueillait les données d'émissions provenant des appareils de chauffage au bois résidentiels caractéristiques au Canada qui représentent une amélioration des dispositifs anti-pollution au cours de la série chronologique. Les CE sont déclarés à une teneur en humidité de 25 %, sauf dans le cas du poêle à granules certifié EPA, dont la teneur en humidité déclarée est de 10 %.

Les émissions de CO_2 surviennent pendant les incendies de forêt et le brûlage dirigé au cours des activités de conversion des forêts. Le carbone émis sous forme de CO_2 (CO_2-C) durant les incendies de forêt est comptabilisé dans le bilan du carbone forestier, tandis que le CO_2-C émis durant le brûlage dirigé est déclaré dans les nouvelles catégories d'affectation des terres. Il n'existe pas de CE de CO_2 unique qui s'applique à tous les feux, car la proportion de CO_2C émis dans chaque bassin peut être propre au bassin, au type de forêt et de perturbation de même qu'à la zone écologique (section A3.5).

Les CE de la biomasse gazeuse (Tableau A6.6–2), qui comprend les gaz d'enfouissement, les gaz de digestion des boues d'épuration et les gaz de digesteur des digesteurs anaérobie centralisés, sont adaptés du GIEC (2006).

Tableau A6.6–1 **Coefficients d'émission pour la biomasse**

Source[a]	Description	Coefficient d'émission			
		CO_2	CH_4	N_2O	Unités
Bois de chauffage et déchets ligneux	Combustion industrielle	1 715[b]	0,1[c]	0,07[c]	g/kg combustible
Incendies de forêt	Combustion à l'air libre	S.O.	S.O.[d]	S.O.[e]	g/kg combustible
Brûlages dirigés	Combustion à l'air libre	S.O.	S.O.[d]	S.O.[e]	g/kg combustible
Liqueurs résiduaires	Combustion industrielle	1 250[f]	0,03[g]	0,005[g]	g/kg combustible
Poêles et foyers	Combustion résidentielle				
Foyer ouvert		1 162[h]	5,04[h]	0,057[h]	g/kg combustible
Poêle à bois conventionnel		1 096[h]	7,85[h]	0,065[h]	g/kg combustible
Foyer encastrable		1 212[h]	5,70[h]	0,062[h]	g/kg combustible
Poêle à bois certifié pré-2020 EPA		1 206[h]	4,11[h]	0,067[h]	g/kg combustible
Poêle à bois certifié non catalytique EPA 2020		1 195[h]	4,28[h]	0,058[h]	g/kg combustible
Poêle à bois certifié catalytique EPA 2020		1 203[h]	7,70[h]	0,065[h]	g/kg combustible
Poêle à granules de bois certifié EPA		1 449[h]	1,74[h]	0,069[h]	g/kg combustible
Combustible résiduaire de l'industrie du ciment (biogène)	Combustion industrielle	86[i]	0,03[j]	0,004[j]	kg/GJ

Notes :
S.O. = Sans objet
a. Les émissions de CO_2 résultant de la biomasse brûlée à des fins énergétiques ou agricoles ne sont pas comprises dans les totaux de l'inventaire, tandis que les émissions de CH_4 et de N_2O de ces mêmes sources sont répertoriées dans le secteur de l'énergie. Toutes les émissions de GES, notamment de CO_2 résultant de la biomasse brûlée dans les forêts aménagées (feux de végétation et brûlage dirigé) sont déclarées dans le secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et sont exclues des totaux de l'inventaire national.
b. Adapté de U.S. EPA (2003)
c. Adapté de U.S. EPA (2003) et de NCASI TB998 (2012)
d. Le coefficient d'émission du CH_4 équivaut à 1/90 du CO_2. Voir l'Annexe 3.4 du RIN.
e. Le coefficient d'émission du N_2O équivaut à 0,017 % du CO_2. Voir l'Annexe 3.4 du RIN.
f. Adapté de NCASI (2011)
g. Adapté de NCASI (2012)
h. ECCC (2024)
i. Adapté de WBCSD (2005) et ECCC (2025)
j. Adapté du GIEC (2006)

A6.6.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion résidentielle de bois de chauffage dépendent de la technologie. Les CE de CH_4 sont basés sur une étude de ECCC des émissions issues des appareils de chauffage au bois (ECCC, 2024). Les CE sont déclarés à une teneur en humidité de 25 %, sauf dans le cas du poêle à granules certifié EPA, dont la teneur en humidité déclarée est de 10 %.

Les émissions dues à la combustion industrielle de la biomasse dépendent principalement des caractéristiques du combustible. Le CE (Tableau A6.6–1) de CH_4 pour les déchets ligneux industriels a été établi au moyen de données d'échantillonnage des sources recueillies par le U.S. EPA en unités de lb/MMBTU (U.S. EPA, 2003), recueillies par le NCASI en unités de kg/MMBTU et converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 0 %, comme l'indique la section A6.6.1. Le CE de CH_4 pour les liqueurs résiduaires a été établi à partir de données d'échantillonnage de la NCASI en unités de kg/MMBTU, converties en kg/tonne à 0% de taux d'humidité avec un PCS de 13,7 MJ/kg discuté à la section A6.6.1. Le CE du CH_4 des combustibles de remplacement à base de matières biologiques (Tableau A6.6–1) a été adapté des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Les CE pour la biomasse gazeuse (Tableau A6.6–2), qui comprend les gaz d'enfouissement, les gaz de digestion des boues d'épuration et les gaz de digesteur des digesteurs anaérobie centralisés, sont adaptés du GIEC (2006).

Les émissions de carbone sous forme de CH_4 (CH_4C) résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé sont toujours égales à 1/90 des émissions de CO_2-C.

A6.6.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de la combustion résidentielle de bois de chauffage dépendent de la technologie. Les CE de N_2O sont basés sur une étude de ECCC des émissions issues des appareils de chauffage au bois (ECCC, 2024). Les CE sont déclarés à une teneur en humidité de 25 %, sauf dans le cas du poêle à granules certifié EPA, dont la teneur en humidité déclarée est de 10 %.

Les émissions associées à la combustion industrielle de la biomasse dépendent principalement des caractéristiques du combustible. Le CE (Tableau A6.6–1) pour les déchets ligneux industriels a été établi à partir des données d'échantillonnage à la source des installations recueillies par le U.S. EPA en unités de lb/MMBTU (U.S. EPA, 2003) et recueillies par le National Council for Air and Stream Improvements (NCASI) en unités de kg/MMBTU et converties en kg/tonne à 0 % de taux d'humidité, comme l'indique la section A6.6.1. Le CE pour le N_2O provenant de la liqueur résiduaire a été établi à partir des données d'échantillonnage à la source de la NCASI en unités de kg/MMBTU, converties en kg/tonne à 0 % de taux d'humidité en utilisant une PCS de 13,7 MJ/kg, également indiqué à la section A6.6.1. Le CE pour le N_2O provenant des combustibles de remplacement à base de matières biologiques (Tableau A6.6–1) a été adapté des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Les CE pour la biomasse gazeuse (Tableau A6.6–2), qui comprend les gaz d'enfouissement, les gaz de digestion des boues d'épuration et les gaz de digesteur des digesteurs anaérobie centralisés, sont adaptés du GIEC (2006).

Tableau A6.6–2 **Coefficients d'émission (CE) pour la combustion de la biomasse gazeuse**

Source	Description	CE			Unités des CE
		CO_2	CH_4	N_2O	
Gaz d'enfouissement	Combustion industrielle (pour l'énergie)	2 752[a]	0,05[a]	0,005[a]	kg/t CH_4 utilisé pour l'énergie
Gaz de gestion de boue	Combustion industrielle (pour l'énergie)	2 752[a]	0,05[a]	0,005[a]	kg/t CH_4 utilisé pour l'énergie
Gaz de digestion	Combustion industrielle (pour l'énergie)	2 752[a]	0,05[a]	0,005[a]	kg/t CH_4 utilisé pour l'énergie
Gaz d'enfouissement	Évacuation	NE	3,0[b]	NE	kg/t CH_4 évacué

Notes :
NE = Non estimé
a. Adapté du GIEC (2006) (Vol. 2, Tableau 2.2)
b. U.S. EPA (1998)

Les émissions de N_2O résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé équivalent à 0,017 % vol/vol des émissions de CO_2. Étant donné que les deux gaz ont le même poids moléculaire, le même rapport peut être appliqué selon la masse (section A3.5.2).

A6.7. Déchets

A6.7.1. Traitement et rejet des eaux usées municipales

A6.7.1.1. CH_4

Les émissions attribuables au Traitement et rejet des eaux usées municipales se produisent à deux étapes distinctes : lors du procédé de traitement et dans le plan d'eau récepteur selon la matière organique résiduelle dans l'effluent. Ces émissions peuvent également résulter de la digestion anaérobie à l'usine de traitement des eaux usées; elles sont présentées à la section A6.7.3.

Les coefficients d'émission (CE) du CH_4 issu du Traitement et rejet des eaux usées sont le produit de la capacité maximale de production du méthane (B_0) et du facteur de correction du méthane (FCM). Le B_0 représente la quantité maximale de méthane pouvant être générée à partir d'une quantité donnée de matière organique dans les eaux usées, mesurée comme le DBO_5 (GIEC, 2006). Quant au FCM, il représente à quel point la capacité maximale de production du méthane est atteinte. Il varie selon la technologie de traitement et le type de plan d'eau récepteur lors de chacune des étapes générant des émissions.

La valeur de B_0 par défaut du GIEC (0,6 kg CH_4/kg DBO; GIEC, 2006) pour le DBO_5 n'a pas été utilisée, une valeur de B_0 propre au Canada de 0,36 kg CH_4/kg DBO_5 lui ayant été préférée. Une étude d'AECOM (2011) demandée par Environnement Canada a trouvé que le B_0 calculé par le GIEC (2006) pour obtenir le DBO_5 à partir du B_0 de 0,25 kg CH_4/kg DCO relatif à la demande chimique en oxygène (DCO) était peut-être erroné.

Les valeurs du FCM et les CE pour les émissions de CH_4 provenant du traitement d'eaux usées se trouvent dans le Tableau A6.7–1; les valeurs des CE du CH_4 du rejet aux plans d'eau récepteurs, au Tableau A6.7–2. Les coefficients d'émission sont exprimés en kg CH_4/kg DBO_5 d'eau usée.

Tableau A6.7–1 Facteurs de correction du méthane (FCM) et coefficients d'émissions (CE) pour le CH_4 provenant du traitement des eaux usées

Traitement	FCM	CE
Aucun traitement	0[a]	0
Installation centrale de traitement aérobie–primaire	0,03[b]	0,0108
Lagune d'épuration aérobie	0[a]	0
Lagune d'épuration anaérobie	0,8[a]	0,288
Lagune facultative	0,2[a]	0,072
Lagune d'épuration (non précisé)	0,2[c]	0,072
Installation centrale de traitement aérobie–secondaire	0,8[a]	0,288
Boues secondaires activées	0,03[b]	0,0108
Filtre à particules	0,03[b]	0,0108
Filtre anti-particule–taux élevé	0,03[b]	0,0108
Contacteur biologique rotatif	0,03[b]	0,0108
Réacteur séquentiel discontinu	0,05[d]	0,018
Biofiltration secondaire	0,03[b]	0,0108
Élimination biologique secondaire avec des nutriments	0,03[b]	0,0108
Fosse septique	0,5[a]	0,18
Fosse septique–émissaire marin	0,5[a]	0,18
Terres humides	0,17[e]	0,0612
Inconnu/autre	0,2[f]	0,072

Notes :
a. GIEC (2006), Volume 5, Chapitre 6
b. GIEC (2019), Volume 5, Chapitre 6
c. Les types de lagunes non précisés sont présumés être des lagunes facultatives.
d. Taseli (2018)
e. Les valeurs moyennes des FCM provenant du Supplément aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les Terres humides (2014) pour trois types de terres humides sont fournies dans le document.
f. Les installations dont le type de traitement est inconnu ou autre sont présumées être des lagunes facultatives.
g. CE = FCM x B_0 (B_0 = 0,36 kg CH_4/kg DBO_5)

Tableau A6.7–2 Facteurs de correction du méthane (FCM) et coefficients d'émission (CE) du CH_4 provenant du rejet des eaux usées

Type de plan d'eau récepteur	FCM	CE (kg CH_4/kg DBO_5)[d]
Environnement aquatique non précisé	0,11[a]	0,0396
Canal, aqueduc ou fossé	0,19[b]	0,0684
Réservoir	0,19[a]	0,0684
Lac	0,19[a]	0,0684
Estuaire	0,19[a]	0,0684
Rivière	0,035[a]	0,0126
Océan	0,035[a]	0,0126
Sol	0[c]	0

Notes :
a. GIEC (2019), Volume 5, Chapitre 6
b. Supposé lent et plus près des lacs et réservoirs que des rivières et ruisseaux
c. GIEC (2019), Volume 4
d. CE = FCM x B_0 (B_0 = 0,36 kg CH_4/kg DBO_5)

A6.7.1.2. N_2O

Les émissions de N_2O attribuables aux eaux usées se produisent à deux étapes distinctes : lors du procédé de traitement et dans le plan d'eau récepteur. Les émissions de N_2O issues du traitement des eaux usées varient beaucoup dans le temps (Daelman et al., 2015). Les coefficients d'émission représentent des moyennes annuelles, de sorte qu'ils ne reflètent pas nécessairement les émissions à court terme. Les CE du N_2O issus du procédé de traitement en tant que tel dépendent de l'azote dans le flux d'eaux usées et de la technologie servant au traitement. Quant aux CE du plan d'eau récepteur, ils dépendent de l'azote dans l'effluent d'eaux usées rejetées et de l'état trophique dudit plan d'eau.

Les coefficients d'émission du N_2O issu du traitement des eaux usées sont présentés au Tableau A6.7–3; et ceux du N_2O issu des plans d'eau récepteurs, résultant du rejet de N dans l'effluent d'eaux usées, au Tableau A6.7–4.

Les CE sont exprimés en N_2O-N/kg N (la portion azotée effective du N_2O) et en kg N_2O/kg N dans les eaux usées.

Tableau A6.7–3 Coefficient d'émission (CE) pour le N_2O provenant du traitement des eaux usées

Catégorie de traitement	CE (kg N_2O-N/kg N)	CE (kg N_2O/kg N)[d]
Sans traitement	0[a]	0,0251
Traitement primaire	0[b]	0,0000
Lagune aérobie	0[b]	0,0000
Lagune anaérobie	0[a]	0,0000
Lagune facultative	0[b]	0,0000
Lagune de type non précisé ou autre	0[c]	0,0000
Traitement anaérobie secondaire	0[a]	0,0000
Traitement secondaire par boues activées	0,016[a]	0,0251
Lit bactérien	0,016[a]	0,0251
Lit bactérien – taux élevé	0,016[a]	0,0251
Disques biologiques	0,016[a]	0,0251
Réacteur biologique séquentiel	0,016[a]	0,0251
Biofiltration secondaire	0,016[b]	0,0251
Traitement secondaire avec élimination biologique des nutriments	0,016[a]	0,0251
Traitement septique	0,0045[a]	0,0071
Traitement septique avec exutoire marin	0[a]	0,0000
Terres humides	0[b]	0,0000
Autres/inconnu	0,016[c]	0,0251

Notes :
a. GIEC (2019), Volume 5, Chapitre 6
b. Estimation d'ECCC
c. Modélisé en tant que lagune facultative.
d. Pour convertir N_2O-N en N_2O, il faut multiplier par 44/28.

Tableau A6.7–4 Coefficient d'émission (CE) du N_2O, du rejet des eaux usées aux plans d'eau récepteurs

État trophique du plan d'eau récepteur	CE (kg N_2O-N/kg N)	CE (kg N_2O/kg N)[c]
Environnement aquatique non précisé	0,005[a]	0,0079
Affecté par les nutriments (eutrophe) et/ou hypoxique	0,019[a]	0,0299
Eau douce non affectée par les nutriments	0,005[a]	0,0079
Estuarien et marin non affecté par les nutriments	0,005[a]	0,0079
Sol	0[b]	0,0000

Notes :
a. GIEC (2019) Volume 5, Chapitre 6
b. GIEC (2019) Volume 4
c. $N_2O = N_2O\text{-}N \times 44/28$

A6.7.2. Incinération des déchets

Les CE du CO_2, CH_4 et N_2O pour l'incinération des déchets se trouvent dans le Tableau A6.7–5.

Tableau A6.7–5 Coefficients d'émission pour l'incinération des déchets

Traitement	Coefficient d'émission – kg / tonne de déchets		
	CO_2	CH_4	N_2O
Incinération des déchets solides municipaux – continue – lit fluidisé	3 666,67[a]	0,0002	0,00005
Incinération des déchets solides municipaux – continue – brûleur à alimentation mécanique		0	0,00005
Incinération des déchets solides municipaux – semi-continue – lit fluidisé		0,006	0,00005
Incinération des déchets solides municipaux – semi-continue – brûleur à alimentation mécanique		0,188	0,00005
Incinération des déchets solides municipaux – discontinue – lit fluidisé		0,06	0,00006
Incinération des déchets solides municipaux – discontinue – brûleur à alimentation mécanique		0,237	0,00006
Incinération des boues d'épuration	1 650,00	9,70	0,99
Incinération de déchets dangereux	1 650,00	0,17	3,16
Incinération de déchets médicaux – continue	572,00	0,0002	0,05
Incinération de déchets médicaux – discontinue		0,06	0,06
Boues industrielles – traitement continu	1 650,00	0,0002	0,45
Boues industrielles – traitement discontinu		0,06	0,45
Déchets liquides d'origine fossile – traitement continu	2 933,33	0,0002	0,1
Déchets liquides d'origine fossile – traitement discontinu		0,06	0,1
Déchets liquides d'origine fossile – traitement semi-continu		0,0301	0,1
Industriels – traitement continu – brûleur à alimentation mécanique	1 650,00	0,0002	0,05
Industriels – traitement continu – lit fluidisé		0	0,05
Industriels – traitement semi-continu – lit fluidisé		0,006	0,05
Industriels – traitement semi-continu – brûleur à alimentation mécanique		0,188	0,05
Industriels – traitement discontinu – lit fluidisé		0,06	0,06
Industriels – traitement discontinu – brûleur à alimentation mécanique		0,237	0,06

Notes :
Source : GIEC (2006)
a. Pour les déchets solides municipaux, le coefficient d'émission de CO_2 est exprimé en kg de CO_2/tonne de carbone fossile.

A6.7.2.1. Incinération de boues d'épuration

Les émissions de CH_4 attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont estimées au moyen de CE provenant du Chapitre 5 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

A6.7.2.2. Incinération de déchets solides municipaux

Les estimations des émissions attribuables à l'incinération des déchets solides municipaux sont calculées en fonction des activités d'incinération en continu ou par lot, et en fonction de technologies de combustion à alimentation mécanique ou à lit fluidisé. Les coefficients d'émission proviennent des chapitres 2 et 5 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Pour les émissions de CO_2, seule la portion des déchets d'origine non-biogène (fossile) est incluse dans le calcul des émissions.

A6.7.2.3. Incinération de déchets dangereux

Les coefficients d'émission pour l'incinération de déchets dangereux proviennent du Chapitre 5 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Le coefficient d'émission pour le CO_2 est fondé sur une teneur en carbone de 50 % et sur une teneur en carbone fossile de 90 % de la teneur en carbone.

A6.7.2.4. Incinération de déchets cliniques

Les coefficients d'émission pour l'incinération de déchets cliniques proviennent du Chapitre 5 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Le coefficient d'émission pour le CO_2 est fondé sur une teneur en carbone de 45 %.

A6.7.3. Traitement biologique des déchets solides

Les coefficients d'émission du CO_2, CH_4 et N_2O pour le traitement biologique des déchets solides se trouvent dans le Tableau A6.7–6.

Tableau A6.7–6 Coefficient d'émission pour le traitement biologique des déchets solides

Catégorie	Déchets du type d'installations	Coefficient d'émission			Unité
		CO_2	CH_4	N_2O	
Digestion anaérobie	Installations non agricoles[a]	S.O.	2,10	S.O.	% de méthane produit dans les biogaz
Compostage	Résidus de jardin[b]	S.O.	1,72	0,25	g/kg déchets humides
	Biosolides ou fumier[b]	S.O.	3,54	0,18	g/kg déchets humides
	Mélange de déchets[b]	S.O.	1,09	0,11	g/kg déchets humides
	Déchets solides municipaux[b]	S.O.	1,51	0,18	g/kg déchets humides

Notes :
S.O. = Sans objet
a. ECCC (2020a)
b. ECCC (2020b)

L'ÉLECTRICITÉ AU CANADA : SOMMAIRE ET TABLEAUX SUR L'INTENSITÉ

La présente annexe illustre en détail les données sur les gaz à effet de serre (GES) provenant de la production d'électricité par la catégorie de la production d'électricité et de chaleur du secteur public (catégorie 1.A.1.a du GIEC) à l'échelle nationale, provinciale et territoriale.

L'industrie canadienne de la production d'électricité transforme l'énergie en électricité à partir des chutes d'eau, du charbon, du gaz naturel, de produits pétroliers raffinés, de divers combustibles, de la biomasse et des ressources nucléaires, éoliennes et solaires. Le processus qui permet de fournir de l'électricité à la population ne comprend pas que la production d'énergie à la centrale, il inclut également la distribution par le réseau électrique. L'efficacité du système de transport a un effet sur la quantité d'électricité disponible pour les clients. L'estimation des émissions de GES et les valeurs de la production d'énergie sont fondées sur les activités qui se déroulent à la centrale, et des efforts ont été faits pour tenir compte de l'impact de l'infrastructure de transport et de distribution (y compris les émissions d'hexafluorure de soufre (SF_6) dues à l'appareillage de connexion et à d'autre équipement électrique, qui sont comptabilisées dans le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits [PIUP]).

L'industrie de la production d'électricité au Canada est composée d'entités dont la principale activité est la production d'électricité (grands producteurs) et d'autres qui produisent de l'énergie pour leur propre utilisation, en partie ou en entier (producteurs autonomes). Les grands producteurs qui vendent leur électricité au réseau peuvent être des producteurs publics ou privés et leurs émissions sont déclarées sous le code 22111 du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). Les producteurs autonomes sont généralement des entreprises privées qui produisent de l'électricité soit pour alimenter leurs activités, soit comme sous-produit de leurs activités. Ils peuvent vendre l'ensemble ou une partie de leur électricité au réseau. Toute industrie qui produit de l'électricité, mais dont l'activité principale n'est pas la production d'électricité, est déclarée sous le code SCIAN associé à son activité commerciale principale. Toutefois, dans certains cas, une entreprise peut avoir divisé ses activités de sorte que la production d'électricité est une entité commerciale distincte (même si les activités se déroulent au même endroit). Dans ce cas, la production d'électricité est incluse dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public.

L'analyse effectuée dans la présente section ne vise que les grands producteurs. Elle se base sur diverses sources de données. Les données sur la consommation de combustibles et la production d'électricité proviennent du *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, s.d.[a]), de la publication intitulée Production, transport et distribution d'électricité (PTDE) (Statistique Canada, s.d.[b]) et des tableaux de données en ligne 25-10-0019-01, 25-10-0020-01, 25-10-0021-01 et 25-10-0084-01 de Statistique Canada (s.d.[c], s.d.[d], s.d.[e], s.d.[f]).

Un indicateur de l'« intensité relative à la production » a été élaboré pour refléter l'intensité des émissions de GES associées à l'électricité fournie au réseau de distribution. Des valeurs d'intensité des émissions du secteur de la production d'électricité ont été calculées pour chaque type de combustible au moyen d'estimations des émissions de GES et de données sur la production d'électricité. La méthodologie utilisée pour établir ces estimations est expliquée dans le Chapitre 3 et l'Annexe 3.1 de ce rapport. Les émissions de GES sont basées sur le total des combustibles utilisés par le secteur des services publics, tel qu'indiqué dans le BDEE[1], et les données sur la production proviennent des tableaux de données de Statistique Canada (2005–2024) et de la publication PTDE (1990–2004).

Un indicateur de l'« intensité attribuable à la consommation » a aussi été élaboré pour refléter l'intensité des émissions de GES lorsque l'électricité est fournie aux consommateurs. Par conséquent, les pertes d'énergie électrique provenant (surtout) du transport et de la distribution sont soustraites de la production totale globale d'électricité, tandis que les émissions de SF_6 attribuables à l'équipement utilisé dans le transport et la distribution sont additionnées aux émissions totales globales de GES. Il est considéré que les pertes d'énergie électrique dans le transport, la distribution et partout ailleurs correspondent à la part d'« énergie non utilisée » du secteur des services publics, comme le montrent le Tableau A7–1. Ces pertes sont calculées à partir de données de Statistique Canada (s.d.[e]) ou provenant des opérateurs de systèmes électriques régionaux. De même, les valeurs des émissions de SF_6 sont fondées sur la part du secteur des services publics de production d'électricité dans les émissions totales de SF_6 provenant de l'équipement utilisé dans le transport et la distribution de l'électricité.

Les valeurs (arrondies) de l'intensité des émissions provenant de la production d'électricité pour le Canada sont montrées au Tableau A7–1. Les valeurs non arrondies pour le Canada, aux échelles nationale, provinciale et territoriale, se trouvent en format Excel (.xlsx) sur le site Web de données ouvertes du gouvernement du Canada[2].

1 À l'occasion, Statistique Canada révise certaines données historiques, ce qui peut modifier les valeurs fournies au Tableau A7–1.

2 https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr

Tableau A7–1 Données sur la production d'électricité et les émissions de GES au Canada

	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024[a]
Émissions de gaz à effet de serre[b]										
	kt d'équivalent CO_2									
Combustion	**94 100**	**123 000**	**102 000**	**82 900**	**69 600**	**62 200**	**61 500**	**58 000**	**58 900**	**57 400**
Charbon	80 100	97 900	78 500	57 800	42 800	34 600	31 400	24 400	21 700	14 000
Gaz naturel	2 720	14 500	18 800	19 900	22 400	24 000	27 000	29 500	34 200	40 000
Autres combustibles[c]	11 300	10 600	4 900	5 200	4 340	3 520	3 150	4 170	3 110	3 470
Autres émissions[d]	**–**	**52**	**53**	**87**	**80**	**68**	**72**	**76**	**75**	**77**
TOTAL[e, f, g]	**94 100**	**123 000**	**102 000**	**82 900**	**69 600**	**62 300**	**61 600**	**58 100**	**59 000**	**57 500**
Production d'électricité[h, i]										
	GWh									
Combustion[j]	**101 000**	**140 000**	**117 000**	**108 000**	**97 700**	**92 200**	**95 700**	**93 900**	**101 000**	**109 000**
Charbon	82 200	93 900	74 300	57 800	44 500	35 900	32 000	24 400	21 800	15 100
Gaz naturel	4 140	29 800	34 100	41 500	46 300	49 900	57 500	62 600	73 300	87 900
Autres combustibles	14 800	16 600	8 160	8 220	6 880	6 350	6 140	6 860	6 170	6 460
Produits pétroliers raffinés	14 700	10 800	3 010	3 550	2 400	2 140	2 100	2 710	2 240	2 480
Biomasse	14	1 780	2 310	1 980	1 880	2 070	2 240	1 980	2 230	2 390
Autre	91	3 990	2 840	2 690	2 590	2 140	1 800	2 170	1 700	1 590
Nucléaire	**68 800**	**86 800**	**85 500**	**96 000**	**95 500**	**92 600**	**87 400**	**82 300**	**84 000**	**80 700**
Hydroélectricité	**263 000**	**327 000**	**321 000**	**345 000**	**349 000**	**355 000**	**353 000**	**369 000**	**331 000**	**319 000**
Autres sources renouvelables[k]	**26**	**1 580**	**8 780**	**27 500**	**33 600**	**36 300**	**38 100**	**41 100**	**44 000**	**52 800**
Autres activités de production d'électricité[l,m]	**–**	**32**	**10 100**	**280**	**330**	**500**	**640**	**550**	**570**	**560**
TOTAL[f]	**433 000**	**556 000**	**542 000**	**577 000**	**577 000**	**577 000**	**574 000**	**587 000**	**561 000**	**563 000**
Intensité des gaz à effet de serre[n]										
	Intensité relative à la production (g GES / kWh – électricité produite)									
Intensité de CO_2 (g CO_2 / kWh)	220	220	190	140	120	110	110	100	100	100
Intensité de CH_4 (g CH_4 / kWh)	0,004	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Intensité de N_2O (g N_2O / kWh)	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Intensité relative à la production (g d'éq. CO_2/ kWh)[f]	**220**	**220**	**190**	**140**	**120**	**110**	**110**	**100**	**110**	**100**
	Pertes									
Énergie non utilisée (GWh)[o,p]	31 000	33 000	40 000	46 000	42 000	44 000	38 000	37 000	37 000	42 000
Émissions de SF_6 (kt d'éq. CO_2)[q]	210	170	190	200	130	160	160	100	100	110
	Intensité relative à la consommation (g GES / kWh – électricité consommée)									
CONSUMPTION INTENSITY (g CO_2 eq / kWh)[r]	**230**	**240**	**200**	**160**	**130**	**120**	**120**	**110**	**110**	**110**

Notes :

Les données présentées ici comprennent les émissions, l'électricité produite et l'intensité des émissions de GES pour les installations classées sous le code SCIAN 22111 - Production d'électricité.

a. Données préliminaires.
b. Émissions fondées sur les données tirées du *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*, n° 57-003-XIB au catalogue, Statistique Canada.
c. Comprend les émissions de GES résultant de la combustion de produits pétroliers raffinés (mazout léger, mazout lourd et diesel), du coke de pétrole, du gaz de distillation et d'autres combustibles qui ne sont pas faciles à classer.
d. Les émissions de GES résultant de l'utilisation sur place de combustibles qui n'est pas directement liée à la production d'électricité.
e. Les émissions de GES attribuables à l'inondation des terres pour la construction de barrages hydroélectriques ne sont pas incluses.
f. Les chiffres ayant été arrondis, la somme des totaux peut ne pas correspondre au total global.
g. Le CO_2 capturé à des fins de stockage à long terme n'est pas inclus dans le total.
h. Données tirées des tableaux 25-10-0019-01 (2005-2019), 25-10-0084-01 (2020-2024), et 25-10-0020-01 de Statistique Canada (2005-2024).
i. Données tirées du document *Production, transport et distribution d'électricité (PTDE)*, n° 57-202-X au catalogue, Statistique Canada (pour 1990 à 2004).
j. À partir de 2014, cette catégorie comprend la plupart de l'électricité produite à partir de vapeur comme sous-produit associée à la combustion du carburant. Avant 2014, il n'était pas possible de ventiler ces données dans les catégories des carburant d'origine, de sorte qu'elles étaient incluses dans la catégorie Autres activités de production d'électricité.
k. La catégorie Autres sources renouvelables comprend la production d'électricité de source éolienne, marémotrice et solaire.
l. Catégorie SCIAN 221119 – Autres activités de production d'électricité.
m. Avant 2014, cette catégorie comprenait la production d'électricité à partir de la vapeur provenant de la chaleur résiduelle. À partir de 2014, la plupart de la production d'électricité à partir de la vapeur issue de la chaleur résiduelle est déclarée comme faisant partie de sa catégorie de sources de combustibles d'origine.
n. Les valeurs d'intensité ont été arrondies de manière à refléter le degré de précision estimé.
o. Adapté à partir du tableau 25-10-0021-01 (2005-2024) de Statistique Canada, du n° 57 202-X au catalogue (1990-2004) ou provenant des opérateurs de systèmes électriques régionaux.
p. Comprend les pertes attribuables aux lignes de transport, les différences de lecture des compteurs et les autres pertes.
q. Part des émissions provenant de l'équipement électrique attribuable à la production d'électricité du secteur public, catégorie 2.F.viii des TCD (Production et consommation d'halocarbures et de SF_6).
r. Les valeurs d'intensité de la consommation peuvent varier selon la quantité d'énergie non utilisée et les émissions de SF_6 dues au transport.

– Indique qu'il n'y a pas d'émissions ou de production d'électricité

RÉFÉRENCES

Chapitre 1, Circonstances nationales, dispositions institutionnelles et informations intersectorielles

Canada. 1999. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Ottawa, Imprimeur de la Reine. Disponible en ligne : http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/C-15.31.pdf.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2023a. Plan d'action pour l'adaptation du gouvernement du Canada. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/pub?id=9.938781&sl=1.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2023b. *Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada.* Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/declaration/exigences-de-quantification.html.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2025. *Bulletin des tendances et des variations climatiques - Année 2024*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/recherche-donnees/tendances-variabilite-climatiques/tendances-variations/bulletin-annee-2024.html.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2026. *Déclaration des gaz à effet de serre par les installations : aperçu des émissions déclarées pour 2024*. Programme de déclaration des gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/donnees.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. et Midgley P.M. (éd.). Royaume-Uni et États-Unis : Cambridge University Press. Disponible en ligne : http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/ (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, Pachauri R.K. et Meyer L.A. (éd.). Suisse : GIEC. 151 p. Disponible en ligne : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Calvo Buendia E., Tanabe K., Kranjc A., Baasansuren J., Fukuda M., Ngarize S., Osako A., Pyrozhenko Y., Shermanau P. et Federici S. (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2021. Annex VII: Glossary [Matthews J.B.R., Möller V., van Diemen R., Fuglestvedt J.S., Masson-Delmotte V., Méndez C., Semenov S., Reisinger A. (éd.)]. Dans *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Royaume-Uni et États-Unis: Cambridge University Press. p. 2215 à 2256. Disponible en ligne : https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_AnnexVII.pdf (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2023. *Changements climatiques 2023: Rapport de synthèse : Sommaire pour décideurs politiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, Lee H. et Romero J. (éd.)]. Suisse : GIEC. p. 1-34. Disponible en ligne : https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf (en anglais seulement).

[OMM] Organisation météorologique mondiale. 2024. *Bulletin de l'OMM sur les gaz à effet de serre: Bilan des gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère, d'après les observations effectuées à l'échelle du globe en 2023.* N° 2020 : 28 octobre 2024. Disponible en ligne : https://library.wmo.int/fr/records/item/69057-no-20-28-october-2024 (en anglais seulement).

Statistique Canada. Sans date. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. N° 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X.

Chapitre 2, Tendances des émissions de gaz à effet de serre

[AB] Gouvernement de l'Alberta. 2018. *Methane Emission Reduction Regulation*. A.R. 244/2018. 12 décembre 2018. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/dataset/2018_244 (en anglais seulement).

[ACPP] Association canadienne des producteurs de pétrole. 2007. *Best management practice: Management of fugitive emissions at upstream oil and gas facilities*. Janvier 2007. Disponible en ligne : http://infratech.cc/wp-content/uploads/2015/02/CAPP-BMPFEM.pdf (en anglais seulement).

[ACPP] Association canadienne des producteurs de pétrole. 2025. *Canadian Refining Industry*. Disponible en ligne : https://www.capp.ca/wp-content/uploads/2025/08/Canadian-Refining-Industry-July-25-2025.pdf (en anglais seulement).

[ACPP] Association canadienne des producteurs de pétrole. Sans date [a]. *Statistical handbook for Canada's upstream petroleum industry*. [Consulté le 19 décembre 2023]. Disponible en ligne : https://www.capp.ca/resources/statistics/ (en anglais seulement).

[ACPP] Association canadienne des producteurs de pétrole. Sans date [b]. *Rapport annuel sur le forage*. Données inédites. Fournies par ACPP à Environnement et Changement climatique Canada [24 octobre 2025].

[AER] Alberta Energy Regulator. 2014. *Directive 060: Upstream Petroleum Industry Flaring, Incinerating, and Venting.* Disponible en ligne : https://www.aer.ca/documents/directives/Directive060.pdf (en anglais seulement).

[AER] Alberta Energy Regulator. Sans date. *Alberta Energy Outlook (ST98)*. [Consulté le 30 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st98 (en anglais seulement).

Atherton E., Risk D., Fougère C., Lavoie M., Marshall A., Werring J., Williams et Minions C. 2017. Mobile measurement of methane emissions from natural gas developments in northeastern British Columbia, Canada. *Atmos. Chem. Phys., 17*: 12405-12420. Disponible en ligne : https://acp.copernicus.org/articles/17/12405/2017/ (en anglais seulement).

[BC] Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2021. *Oil and Gas Activities Act – Drilling and Production Regulation*. B.C. Reg. 282/2010. [modifié le 4 mars 2021]. Disponible en ligne : https ://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/282_2010 (en anglais seulement).

[BCOGC] British Columbia Oil and Gas Commission. 2015. *Flaring and Venting Reduction Guideline – v4.4*. Avril 2015. Disponible en ligne : http://www.bcogc.ca/node/5916/download.

[CEEDC] Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions. Sans date. Database on energy, emissions, and production for Canadian industry [consulté le 9 février 2026]. SCIAN 325 Fabrication de produits chimiques. Disponible en ligne : https://cieedacdb.rem.sfu.ca:8006/naics-database/ (en anglais seulement).

Cenovus Energy. 2021. *Lloydminster upgrader throughput*. Données inédites. Fournies par Cenovus Energy à Environnement et Changement climatique Canada [5 novembre 2025].

Chan E., Worthy D.E.J., Chan D., Ishizawa M., Moran M.D., Delcloo A. et Vogel F. 2020. Eight-year estimates of methane emissions from oil and gas operations in western Canada are nearly twice those reported in inventories. *Environ. Sci. Technol., 54*(23): 14899-14909. (en anglais seulement).

Chan E., Vogel F., Smyth S., Barrigar O., Ishizawa M., Kim J., Neish M., Chan D., et Worthy D.E.J. 2024. Hybrid bottom-up and top-down framework resolves discrepancies in Canada's oil and gas methane inventories. *Commun. Earth Environ., 5*:566.

Climate Watch. 2026. Climate Watch Historical GHG Emissions. Washington (DC). World Resources Institute. Disponible en ligne : https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?chartType=percentage&end_year=2022&sectors=total-excluding-lulucf&start_year=1990 (en anglais seulement).

Conrad B.M., Tyner D.R., Li H. Z., Xie D. et Johnson M.R. 2023a. A measurement-based upstream oil and gas methane inventory for Alberta, Canada reveals higher emissions and different sources than official estimates. *Commun. Earth Environ. 4*, 416.

Conrad B.M., Tyner D.R. et Johnson M.R. 2023b. The futility of relative methane reduction targets in the absence of measurement-based inventories. *Environ. Sci. Technol., 57*(50): 21092-21103. (en anglais seulement).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2018. *Règlement sur la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont)* (DORS/2018-66). Disponible en ligne : https://pollution-dechets.canada.ca/registre-protection-environnementale/reglements/visualiser?Id=146.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Accord d'équivalence Canada-Alberta concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-alberta-methane-petrole-gaz.html.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Accord d'équivalence Canada–Colombie-Britannique concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-colombie-britannique-methane-petrole-gaz.html.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020c. *Accord d'équivalence Canada-Saskatchewan concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-saskatchewan-methane-petrole-gaz.html.

[EERL] Energy and Emissions Research Laboratory. 2025. *Source-resolved measurement-based methane inventories for Upstream Oil and Gas sectors in Alberta, British Columbia, and Saskatchewan.* Données inédites. Fournies par EERL à Environnement et Changement climatique Canda [31 octobre 2025].

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

Gouvernement du Canada. 2020. *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement*, SOR/2016-137. Disponible en ligne : https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2016-137/.

Johnson M.R., Tyner D.R., Conley S., Schwietzke S., et Zavala-Araiza D. 2017. Comparisons of airborne measurements and inventory estimates of methane emissions in Alberta upstream oil and gas sector. *Environ. Sci. Technol., 51*(21):13008-13017 (en anglais seulement).

Johnson M. R., Conrad B.M. et Tyner D.R. 2023. Creating measurement-based oil and gas sector methane inventories using source-resolved aerial surveys. *Commun. Earth Environ 4, 139* (en anglais seulement).

Liang B.C., MacDonald J.D., Desjardins R.L., McConkey B.G., Beauchemin K.A., Flemming C., Cerkowniak D., Blondel A. et Desjardins R.L. 2020. Beef cattle production impacts soil organic carbon storage. *Science of the Total Environment, 718*: 137273.

MacKay K., Lavoie M., Bourlon E., Atherton E., O'Connell E., Baillie J., Fougère C. et Risk D. 2021. Methane emissions from upstream oil and gas production in Canada are underestimated. *Sci. Rep., 11*: 8041 (en anglais seulement).

MacKay K., Seymour S.P., Li H. Z., Zavala-Araiza D. et Xie D. 2024. A Comprehensive Integration and Synthesis of Methane Emissions from Canada's Oil and Gas Value Chain. *Environ. Sci. Technol., 58*(32) : 14203-14213.

Moreau L., Thiffault E., Kurz W. A. et Beauregard R. 2023. Under What Circumstances Can the Forest Sector Contribute to 2050 Climate Change Mitigation Targets? A Study from Forest Ecosystems to Landfill Methane Emissions for the Province of Quebec, Canada. *GCB Bioenergy, 15*(9): 1119–1139.

[NB RNDE] Nouveau Brunswick Ressources naturelles et Développement de l'énergie. 2024. Statistiques mensuelles de la production du pétrole et du gaz [consulté le 8 novembre 2024]. Disponible en ligne : https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/en/pdf/Minerals-Minerales/Monthly_Statistics.pdf.

[REC] Régie de l'énergie du Canada. 2018. Aperçu du marché : Plus grande capacité de raffinage au Canada malgré un plus petit nombre de raffineries. Disponible en ligne : https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/apercu-marches/2018/apercu-marche-plus-grande-capacite-raffinage-canada-malgre-plus-petit-nombre-raffineries.html

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2022. *L'État des forêts au Canada : Rapport annuel 2022*. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Disponible en ligne : https://doi.org/10.4095/st000008.

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2023. *L'état des forêts au Canada – Rapport annuel 2023*. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Disponible en ligne : https://ressources-naturelles.canada.ca/forets-foresterie/rapports-etat-forets-canada?_gl=1*nikzle*_ga*MTQ4NDQxOTI0MC4xNzMyNzIwNDEw*_ga_C2N57Y7DX5*MTc0MTM1OTgzNS4xNS4xLjE3NDEzNTk4NzMuMC4wLjA.

Petrinex. Sans date. *Saskatchewan Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data* [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx (en anglais seulement).

[SK] Gouvernement de Saskatchewan. 2020. *The Oil and Gas Emissions Management Regulations (OGEMR)* [Mise à jour 2020]. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/92804/formats/109853/download (en anglais seulement).

[SK MER] Ministère de l'Énergie et des Ressources de Saskatchewan. 1990–2008. *Mineral statistics yearbook*. Petroleum and Natural Gas. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/products/82350 (en anglais seulement).

[SK MER] Ministère de l'Énergie et des Ressources de Saskatchewan. 2009–2011. *Annual petroleum statistics.* Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2540 (en anglais seulement).

[SK MER] Ministère de l'Énergie et des Ressources de Saskatchewan. 2012−. *Crude oil volume and value summary.* Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/1241 (en anglais seulement).

Smyth C., Rampley G., Lempriere T.C., Schwab O., Kurz W.A. 2017, Estimating product and energy substitution benefits in national-scale mitigation analyses for Canada. *GCB Bioenergy, 9*(6): 1071-1084.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 361-00369-01 : Produit intérieur brut en termes de dépenses aux prix constants de 2017 annuel (x 1 000 000) [modifié le 28 novembre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610036901.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 17-10-0005-01 : Estimations de la population au 1er juillet, par âge et genre [modifié le 24 septembre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (c). *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (annuel). Nº 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (d). Tableau 25-10-0014-01: Pétrole brut et équivalents, approvisionnement et utilisation, mensuel (x 1 000). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001401.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (e). Tableau 25-10-0063-01: Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent, mensuel (mètres cubes). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510006301.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (f). Tableau 23-10-0308-01 : Immatriculations de véhicules, par type de véhicule et type de carburant [consulté le 18 février 2026]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=23100308001&request_locale=fr

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (g). Tableau 25-10-0047-01 : Gaz naturel, approvisionnements et utilisations mensuel (x 1 000). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510004701.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (h). Tableau 25-10-0055-01 : Approvisionnements et utilisations du gaz naturel (données en milliers) (x 1 000), mensuel. Disponible en ligne : www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510005501.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (i). Tableau 32-10-0130-01 : Nombre de bovins, selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (x 1 000), annuel, (tête). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210013001.

Zavala-Araiza D., Herndon S.C., Roscioli J.R., Yacovitch T.I., Johnson M. R., Tyner D.R., Omara M., et Knighton B.2018. Methane emissions from oil and gas production sites in Alberta, Canada. *Elem. Sci. Anth., 6*: 27 (en anglais seulement).

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. *CH_4 and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry,* Vols. 1 and 2. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers, Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd. Nº de publication : 1999-0010.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005. *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H_2S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry*, Vols. 1–5. Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2006. *An Inventory of GHGs, CACs, and H_2S Emissions by the Canadian Bitumen Industry: 1990 to 2003*. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers, Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd.

[AEP] Alberta Environment and Parks. 2022. *Quantification Protocol for Enhanced Oil Recovery Version 2.0. Publié en janvier 2022*. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/publications/quantification-protocol-for-enhanced-oil-recovery-version-2 (en anglais seulement).

[AEP] Alberta Environment and Parks. 2023. *Quantification Protocol for Monitoring, Measurement, and Verification Principles and Objectives for CO_2 Sequestration Projects Version 2.0.* Publié en avril 2023. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/publications/mmv-principles-objectives-for-co2-sequestration-projects-version-2 (en anglais seulement).

[AER] Alberta Energy Regulator. 1990– . *Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics, monthly supplement.* Édition 2009-2021. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st39 (en anglais seulement).

Aquistore. 2015. *Aquistore CO_2 Storage at the World's First Integrated CCS Project* (en anglais seulement).

BioMer. 2005. *Démonstration et évaluation du biodiésel pour les bateaux de croisière du Vieux-Port de Montréal et du lieu historique national du Canal-de-Lachine* : rapport de fin de projet.

Cardinal Energy. 2023. *2022 Environmental, Social and Governance Report*. Disponible en ligne : https://cardinalenergy.ca/wp-content/uploads/2023/05/ESG-Report.pdf (en anglais seulement).

Cenovus Energy. 2021-. *Lloydminster upgrader throughput*. Données inédites. Fournies par Cenovus Energy à Environnement et Changement climatique Canada [le 5 novembre 2025].

[CEPEI] Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation. 2016. *Methodology Manual: Estimation of Air Emissions from the Canadian Natural Gas Transmission, Storage and Distribution System*. Préparé pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (AB) (en anglais seulement).

[CGA] Canadian Gas Association. 1997. *1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry*. Calgary (Alberta). Radian International LLC.

Chan E., Vogel F., Smyth S., Barrigar O., Ishizawa M., Kim J., Neish M., Chan D., Worthy D.E.J. 2024. Hybrid bottom-up and top-down framework resolves discrepancies in Canada's oil and gas methane inventories. *Commun. Earth Environ., 5*(1): 566.

Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a National Inventory of Greenhouse Gas and Fugitive VOC Emissions by the Canadian Coal Mining Industry.* Rapport final présenté au groupe sur l'énergie, DPRI, Environnement Canada.

Conrad B.M., Tyner D. R., Li H. Z., Xie D., Johnson M.R.. 2023a. A measurement-based upstream oil and gas methane inventory for Alberta, Canada reveals higher emissions and different sources than official estimates. *Commun. Earth Environ. 4*, 416.

Conrad BM, Tyner D. R., Li H. Z., Xie D., Johnson M.R.. 2023b. The futility of relative methane reduction targets in the absence of measurement-based inventories. *Environ. Sci. Technol., 57*(50), 21092-21103.

[CPPI] Canadian Petroleum Products Institute. 2004. *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production,* Calgary (Alberta). Levelton Consultants Ltd. en association avec Purvin & Gertz Inc.

[EC] Environnement Canada. 2014. *Technical Report on Canada's Upstream Oil and Gas Industry.* Vols. 1-4. Préparé par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (Alberta).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2017a. *An Inventory of GHG, CAC and Other Priority Emissions by the Canadian Oil Sands Industry: 2003 to 2015. Vols 1–3.* Préparé par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (Alberta).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2017b. *Updated CO_2 Emission Factors for Gasoline and Diesel Fuel*. Préparé par S. Tobin, Division des inventaires et rapports sur les polluants. Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2023. *Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada.* Programme de déclaration des gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/declaration/exigences-de-quantification.html.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2024. *Déclaration des gaz à effet de serre par les installations : Avis concernant la déclaration des gaz à effet de serre (GES) pour 2024 et 2025.* Disponible en ligne : https://gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2023/2023-12-09/html/sup1-fra.html.

[EERL] Energy and Emissions Research Laboratory. 2025. *Source-resolved measurement-based methane inventories for Upstream Oil and Gas sectors in Alberta, British Columbia, and Saskatchewan*. Données inédites. Fournies par EERL à Environnement et Changement climatique Canada [le 31 octobre 2025].

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L., Miwa K., Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

GRI. Gas Research Institute. 2000. *Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada*. Austin (TX): Radian International LLC.

Husky Energy Inc. 1998-2019. *Husky Energy annual report* (en anglais seulement).

ICF Consulting. 2004. *Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par ICF Consulting.

Johnson M. R., Conrad B.M. et Tyner D.R.. 2023. Creating measurement-based oil and gas sector methane inventories using source-resolved aerial surveys. *Commun. Earth Environ 4*, 139.

King, B. 1994. *Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, Engineering, Economic and Institutional Implications of Options.* Rapport préparé pour Environnement Canada par Neill and Gunter Ltd.

Klotz L.A., Woolley L., Lamarche L., Boutot J. et Kang M. 2025. Sevenfold Underestimation of Methane Emissions from Non-producing Oil and Gas Wells in Canada. *Environ. Sci. Technol., 59*(18), 9008-9016.

Lawton D., Osadetz K. et Carter R. 2021. *Carbon Storage – Measuring, Monitoring and Verification*. Paper prepared for Carbon Management Canada and Alberta Innovates. Disponible en ligne : https://albertainnovates.ca/wp-content/uploads/2022/07/CCUS-paper-carbon-MMV-Lawton-et-al.pdf (en anglais seulement).

Mourits, F. 2008. *Overview of the IEA GHG Weyburn-Midale CO_2 Monitoring and Storage Project: Presentation to Interdepartmental CCS Coordinating Committee*. Ressources naturelles Canada.

Naseri A. et Vena A. (Ressources naturelles Canada). 2025. *Analysis of Gas Composition Data in British Columbia Upstream Oil and Gas Sector*. Rapport inédit. CanmetENERGY-Ottawa (ON) : Ressources naturelles Canada (RNCan). Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

ORTECH Consulting Inc. 2013. *Canadian Natural Gas Companies 2005 and 2011 Greenhouse Gas and Criteria Air Contaminant Inventory Report and Validation by Audit*. Préparé pour le CEPEI. Guelph (Ontario).

[PTRC]. Petroleum Technology Research Centre. 2004. *IEA GHG Weyburn CO_2 Monitoring & Storage Project Summary Report 2000–2004*. Regina (Saskatchewan).

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2025. Base de données complète sur la consommation d'énergie – Secteur résidentiel. Office de l'efficacité énergétique [consulté en mars 2025]. Disponible en ligne : https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm.

SaskPower. 2025. BD3 Status Update:Q4-2024: January 2025. Disponible en ligne : https://www.saskpower.com/about-us/our-company/blog/2025/bd3-status-update-q4-2024 (en anglais seulement).

Shell Canada. 2023. *Quest Carbon Capture and Storage Project Annual Summary Report - Alberta Department of Energy: 2022 MMV*. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/publications/quest-carbon-capture-and-storage-project-annual-report-2022 (en anglais seulement).

[StatCan] Statistique Canada. Sans date. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. N° 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X.

Whitecap Ressources. 2018, *Weyburn Unit – Extending the Horizon*. Présenté à la 24e Conférence annuelle CO_2 & ROZ, Midland (TX).

Chapitre 4, Procédés industriels et utilisation des produits

[ACPA] Association canadienne des producteurs d'acier. 2009. Données confidentielles non publiées. Teneur moyenne en carbone de la gueuse de fonte dans l'industrie.

[ACPA] Association canadienne des producteurs d'acier. 2013-2019. Données non publiées sur la charge de gueuse de fonte dans les fours sidérurgiques au Canada.

Alcan. 2010. Réponse d'Alcan aux questions d'Environnement Canada relativement à l'examen national mené par la CCNUCC de l'inventaire canadien de GES.

AMEC. 2006. *Identifying and Updating Industrial Process Activity Data in the Minerals Sector for the Canadian Greenhouse Gas Inventory.* Rapport non publié, Mississauga (Ontario). AMEC Earth & Environmental, une division d'AMEC Americas Ltd.

Bliss J.D., T.S. Hayes et G.J. Orris. 2008. *Limestone—A Crucial and Versatile Industrial Mineral Commodity.* U.S. Geological Survey Fact Sheet 2008–3089, version 1.1, mis à jour en août 2012.

Boulton S. 2024. *SRC's rare earth metal milestone a launching-off point for emerging industry in province.* Disponible en ligne : https://discoverestevan.com/articles/srcs-rare-earth-metal-milestone-a-launching-off-point-for-emerging-industry-in-province (en anglais seulement).

British Columbia Geological Survey. 2025. Provincial Overview of Exploration and Mining in British Columbia, 2023. Ministère des mines et des minéraux critiques de la Colombie-Britannique, Circulaire d'information 2025-01 de la commission géologique de la Colombie-Britannique [consulté le 7 mai 2025]. Disponible en ligne : https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/mineral-exploration-mining/british-columbia-geological-survey/publications/informationcirculars (en anglais seulement).

[CAC] Cement Association of Canada. 2014. Données non publiées sur la production canadienne de clinker.

Chan K. 2009. Communication personnelle (courriel de Chan K. à Pagé M., Environnement Canada, le 21 juillet 2009). Association cannadienne des producteurs d'acier.

Cheminfo Services. 2002. *Review of Canadian SF_6 Emissions Inventory*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2005a. *Improving and Updating Industrial Process-Related Activity Data and Methodologies in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Sulphur Hexafluoride (SF_6) from Electrical Equipment*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2005b. *Improving and Updating Industrial Process-Related Activity Data and Methodologies Used in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Sulphur Hexafluoride Emissions from the Magnesium Casting Sector.* Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2005c. *Improving and Updating Industrial Process-Related Activity Data and Methodologies Used in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Hydrofluorocarbons (HFCs)*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2006. *Improvements and Updates to Certain Industrial Process and Solvent Use-Related Sections in Canada's Greenhouse Gas Inventory*. Rapport final. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2010. *Study of Potential Additions and Updates to the Industrial Process Sources of GHGs in the Canadian GHG Inventory, and Development of Canadian-Specific Methodologies and Emission Estimates for such Sources.* Rapport final. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2014. *Chemical Management Plan 2 (CMP2) Scoping Project for Substance Information on Nitrogen Trifluoride (NF_3).* Rapport final confidentiel. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2015. *Petrochemical Production Study: Carbon Flows and GHG Emissions.* Rapport final. Markham (Ontario): Cheminfo Services Inc.

[CIEEDAC] Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2006. *A Review of Energy Consumption in Canadian Oil Refineries 1990, 1994 to 2004.* Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique).

[CIEEDAC] Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2010. *A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry, 1990 to 2008.* Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique).

Derry Michener Booth and Wahl et Commission géologique de l'Ontario. 1989. *Limestone Industries of Ontario, Vol. III — Limestone Industries and Resources of Central and Southwestern Ontario.* Rapport préparé pour la Direction de la gestion des terres du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 175 p.

[EHS] Environmental Health Strategies Inc. 2013. *Report on Emission Factors for HFCs in Canada.* Rapport non publié. Toronto (Ontario). Préparé pour Environnement Canada.

[EC]. Environnement Canada. 1986. *Liste intérieure des substances*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/listes-substances/interieure.html.

[EC] Environnement Canada. 1996. *Tioxide Canada Inc.* Montréal : Environnement Canada. Nº au catalogue : En153-6/27-1996E-PDF. 4 p. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/site/fra/9.816961/publication.html.

[EC] Environnement Canada. 1999-2007. Inventaire national des rejets de polluants (INRP). *Données publiques sur les émissions de SF_6 provenant de la production de magnésium*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/services/environnement/pollution-gestion-dechets/inventaire-national-rejets-polluants.html.

[EC] Environnement Canada. 2015. Document non publié. *General Quality Control Checklist Guidance* (DIRP).

Environnement Canada et l'Association canadienne de l'électricité. 2008. *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF_6 pour les services d'électricité.*

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2015. *Review of Country-specific HFCs Emission Estimations in the Refrigeration and Air Conditioning Sectors.* Rapport non publié. Ottawa (Ontario).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2023. Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada / Programme de déclaration des gaz à effet de serre. [consulté le 17 décembre 2024]. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/site/fra/9.866468/publication.html.

[ECCC] Environnement et Changerment climatique Canada. 2025a. Programme de déclaration des gaz à effet de serre. Données confidentielles, non publiées.

[ECCC] Environnement et Changerment climatique Canada. 2025b. Données sur les variables indirectes de l'économie, des ménages et de la population. Données inédites. Préparé par la Division d'analyse et modélisation pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Fertilizer Canada. 2023. Ammonia Production Greenhouse Gas Emissions Benchmarking. [dernière mise à jour : octobre 2023; consulté le 1er février 2024]. Disponible en ligne : https://fertilizercanada.ca/wp-content/uploads/2023/10/Nitrogen-Benchmarking-Report-Final.pdf (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux*. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre du GIEC. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2002. Documents d'information – *IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (section sur les émissions de HFC-23 découlant de la production de HCFC-22). Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre du GIEC. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpg-bgp.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds). Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Calvo Buendia E., Tanabe K., Kranjc A., Baasansuren J., Fukuda M., Ngarize S., Osako A., Pyrozhenko Y., Shermanau P. and Federici S. (eds). Suisse: GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

[GIEC/OCDE/AIE] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996*. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html.

Gouvernement du Canada. 2020. Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement, DORS/2016-137. Disponible en ligne : https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2016-137/.

Hermandez-Roy C., Ziemer H. 2025. *Canada may be the United States' best hope for minerals security*. Disponible en ligne : https://www.csis.org/analysis/canada-may-be-united-states-best-hope-minerals-security (en anglais seulement).

[IAI] International Aluminium Institute. 2006. *The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol* (annexe au protocole sur les GES du WRI/WBCSD). Disponible en ligne : http://www.world-aluminium.org/publications/.

[ICCCR] Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération. 2008. *HCFC Phase-Out Awareness.*

[ICCCR] Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération. 2023. *Refrigerant Management Canada – What is the process for refrigerant disposal?* [Dernière mise à jour en 2023, consultation le 25 janvier 2023]. Disponible en ligne : https://www.hrai.ca/rmc-refrigerant-disposal (en anglais seulement).

[IAI] International Aluminium Institute. 2006. *The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol* (annexe au protocole sur les GES du WRI/WBCSD). Disponible en ligne : http://www.world-aluminium.org/publications/.

ICF Consulting. 2004. *Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, par ICF Consulting.

Jaques, A.P. 1992. *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990*. Protection de l'environnement. Conservation et protection, Environnement Canada, rapport SPE 5/AP/4.

Kramer DA. 2001. Magnesium its Alloys and Components. Open File Report 01-341. United States Geological Survey.

McCann, T.J. 2000. *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors.* Rapport non publié. Préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates.

Ministère de l'Environnement du Japon. 2009. *National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan*. Bureau de l'inventaire des gaz à effet de serre du ministère de l'Environnement du Japon.

Orica Canada Inc. 2014. *Orica Nitric Acid Plant 2 – Nitrous Oxide Abatement from Nitric Acid Production Offset Project Plan.* Disponible en ligne : https://alberta.csaregistries.ca/GHGR_Listing/AEOR_ListingDetail.aspx?ProjectId=205 (en anglais seulement).

Orica Canada Inc. 2016. *Nitrous Oxide Abatement from Nitric Acid Production Offset Project Plan.* Disponible en ligne : https://alberta.csaregistries.ca/GHGR_Listing/AEOR_ListingDetail.aspx?ProjectId=204 (en anglais seulement).

Perez-Ramirez, J., Kapteijn, F., Shoffel, K., Moulijn, JA. 2003. Formation and control of N_2O in nitric acid production: Where do we stand today? *Applied Catalysis B: Environmental, 44*(2): 117-131 (en anglais seulement).

[RNCan] Ressources naturelles Canada. *Annuaire des minéraux du Canada, 1990–2006,* (annuel). Secteur des minéraux et des métaux. Ressources naturelles Canada (a cessé de paraître).

[RNCan] Ressources naturelles Canada. *Annuaire des minéraux du Canada, 1990–2008*, (annuel). Secteur des minéraux et des métaux. Ressources naturelles Canada (a cessé de paraître).

[RNCan] Ressources naturelles Canada. Sans date. Minéraux et métaux, production et expéditions, par province ou territoire, statistiques annuelles (tableau). Données. Disponible en ligne : https://dsmm.nrcan-rncan.gc.ca/prod-prod/sta-fra.aspx.

Saskatchewan Research Council. 2023a. *How SRC is using metal smelting for rare earths*. Disponible en ligne : https://www.src.sk.ca/blog/how-src-using-metal-smelting-rare-earths (en anglais seulement).

Saskatchewan Research Council. 2023b. *Annual report 2022-23*. Disponible en ligne : https://www.src.sk.ca/sites/default/files/files/resource/Annual%20Report%202022-23%20Web.pdf (en anglais seulement).

Saskatchewan Research Council. 2024. *SRC rare earth processing facility*. Disponible en ligne : https://www.src.sk.ca/sites/default/files/files/resource/8438_SRC_REE_Brochure_2024_WEB.pdf (en anglais seulement).

Statistique Canada. Sans date [a]. Tableau 303-0060 – Production, livraisons et inventaires de ciment, mensuel. CANSIM (base de données) (Tableau consulté le 7 juin 2016). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1610004201.

Statistique Canada. Sans date [b]. Tableau 161-00043 – Ciment, destination des livraisons mensuelles. Données. (Tableau consulté le 7 juin 2016). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1610004301&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date [c]. Tableau 161-00041 –Production de produits chimiques industriels et de résines synthétiques, données annuelle. Données. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1610004101&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date [d]. Tableau 171-00005 – Estimations de la population au 1er juillet, par âge et sexe. Données. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date [e]. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada.* Nº 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/57-003-x/57-003-x2023002-fra.htm.

Statistique Canada. Sans date [f]. *L'application Web sur le commerce international de marchandises du Canada*. Nº 71-607-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/71-607-x/71-607-x2021004-fra.htm.

Statistique Canada. 1985–1998. *Industries des produits minéraux non métalliques*. Nº 44-250 XPB au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2003. *Fer et acier primaire* (mensuel). Nº 41-001 XIB au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2004. *Ciment* (mensuel). Nº 44-001-XIB au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2007. *Produits chimiques industriels et résines synthétiques* (mensuel). Nº 46-002 XIE au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2021. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (annuel). Nº 57-003-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2004–2012. *Acier, produits tubulaires et fil d'acier* (mensuel). Nº 41-019-X au catalogue (a cessé de paraître).

[U.S. EPA] United States Environmental Protection Agency. 2018. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2016* (publié en 2018). Disponible en ligne : https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/2018_complete_report.pdf (en anglais seulement).

Weidenhammer, Erich. 2021. *Developments in Canadian Hydrometallurgy Since 1950*. Ottawa: Ingenium – Canada's Museums of Science and Innovation. Transformation Series: 20.2. 80pp. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/mstc-cstm/NM33-1-20-eng-2.pdf (en anglais seulement).

Chapitre 5, Agriculture

Boadi D.A., Ominski K.H., Fulawka D.L. et Wittenberg K.M. 2004. *Improving estimates of methane emissions associated with enteric fermentation of cattle in Canada by adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier-2 methodology.* Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Winnipeg (Manitoba). Département de zootechnie, Université du Manitoba.

Chai L., Kröbel R., MacDonald D., Bittman S., Beauchemin K.A., Janzen H.H., McGinn S.M. et VanderZaag A. 2016. An ecoregion-specific ammonia emissions inventory of Ontario dairy farming: Mitigation potential of diet and manure management practices. *Atmospheric Environment 126*: 1–14.

Coote D.R., Liang B.C. et Huffman E.C. 2008. *Crop residue burning in Canada*. Gatineau (Québec). Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Desjardins R.L., Pattey E., Smith W.N., Worth D., Grant B., Srinivasan R., MacPherson J.I. et Mauder M. 2010. Multiscale estimates of N_2O emissions from agricultural lands. *Agricultural and Forest Meteorology 150*:817–824.

Desjardins R.L., Worth D.E., Srinivasan R., Pattey E., VanderZaag A.C., Mauder M., Metzger S., Worthy D. et Sweeney C. 2018. The challenge of reconciling bottom-up agricultural methane emissions inventories with top-down measurements. *Agricultural and Forest Meteorology 248*:48–59.

Ewen K., Hung C.Y., Sheppard M., Balde H., Worth D., Coleman B., Smith W.N., MacDonald D. et Vanderzaag A.C. 2025. Manure storage practices in Canada: farm survey analysis with implications for GHG Emissions. *Canadian Journal of Animal Science, 105*: 1–13.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Vol. 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Baasansuren J., Fukuda M., Troxler T.G. Suisse : GIEC. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/ (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Calvo Buendia E., Tanabe K., Kranjc A., Baasansuren J., Fukuda M., Ngarize S., Osako A., Pyrozhenko Y., Shermanau P., Federici S. (éd.). Suisse. GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

Gregorich E.G., Rochette P., VandenBygaart A.J. et Angers D.A. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in eastern Canada. *Soil & Tillage Research, 83*:53–72.

Hung C.Y., VanderZaag A.C., Smith W. et Grant B. 2022. Evaluating the 2019 IPCC Refinement for estimating methane conversion factors in Canada. *Science of the Total Environment 835*: 155325.

Jambert C., Delmas R., Serça D., Thouron L., Labroue L. et Delprat L. 1997. N_2O and CH_4 emissions from fertilized agricultural soils in southwest France, *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 48*:105–114.

Janzen H.H., Beauchemin K.A., Bruinsma Y., Campbell C.A., Desjardins R.L., Ellert B.H. et Smith E.G. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates, *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 67*:85–102.

Karimi-Zindashty Y., Macdonald J.D., Desjardins R.L., Worth D., Hutchinson J.J., Vergé X.P.C. 2012. Sources of uncertainty in the IPCC Tier 2 Canadian livestock model. *The Journal of Agricultural Science, 150*:556–559.

Karimi-Zindashty Y., Macdonald J.D., Desjardins R.L., Worth D. et Liang B.C. 2014. *Determining the uncertainty in agricultural nitrous oxide emissions for Canada.* Rapport interne. Gatineau (Québec). Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Liang B.C., Padbury G. et Patterson G. 2004a. *Cultivated organic soils in Canada*. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada Gatineau (Québec).

Liang B.C., McConkey B.G., Campbell C.A., Curtin D., Lafond G.P., Brandt S.A. et Lafond A.P. 2004b. Total and labile soil organic nitrogen as influenced by crop rotations and tillage in Canadian prairie soils. *Biology and Fertility of Soils, 39*:249–257.

Liang C, MacDonald D., Thiagarajan A., Flemming C., Cerkowniak D. et Desjardins R. 2020. Developing a country specific method for estimating nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 117*: 145–167.

MacDonald J.D., et Liang B.C. 2011. *Analysis of Canadian quantification methodologies of greenhouse gas emissions from livestock: IPCC Tier 2 quality control documentation 2011 submission*. Rapport interne préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau (Québec).

Malhi S.S., et Lemke R. 2007. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle. *Soil Tillage Research. 96*:269-283.

Marinier M., Clark K. et Wagner-Riddle C. 2004. *Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Animal Waste Management Systems in Canada by Adopting an IPCC Tier 2 Methodology*. Rapport final. Préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (Ontario).

Marinier M., Clark K. et Wagner-Riddle C. 2005. *Determining manure management practices for major domestic animals in Canada*. Rapport final. Préparé pour Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (Ontario).

McAllister T.A., et Basarab J. 2004. Examen du rapport intitulé *Improving estimates of methane emissions associated with enteric fermentation of cattle in Canada by adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier-2 methodology.* Lethbridge et Lacombe (Alberta). Agriculture et Agroalimentaire Canada. Préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

McConkey B.G., Campbell C.A., Zentner R.P., Dyck F.B. et Selles F. 1996. Long-term tillage effects on spring wheat production on three soil textures in the Brown soil zone. *Canadian Journal of Plant Science, 76*:747–756.

McConkey B.G., Liang B.C., Campbell C.A., Curtin D., Moulin A., Brandt S.A. et Lafond G.P. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. *Soil Tillage Research, 74*:81–90.

Mosier A., Kroeze C., Nevison C., Oenema O., Seitzinger S. et van Cleemput O. 1998. Closing the global N_2O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52*:225–248.

Patni N., et Desjardins R. 2004. Commentaires sur le rapport intitulé *Determining manure management practices for major domestic animals in Canada*, de Marinier et al. (2004). Rapport présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Pelster D., Matteau J., Farrell R., Ramirez G.H. 2023. Tillage effects on growing season nitrous oxide emissions in Canadian cropland soils. *Canadian Journal of Soil Science 104*:1–10.

Rochette P., Worth D.E., Lemke R.L., McConkey B.G., Pennock D.J., Wagner-Riddle C. et Desjardins R.L. 2008a. Estimation of N_2O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology. *Canadian Journal of Soil Science 88*:641–654.

Rochette, P., Angers D.A., Chantigny M.H. et Bertrand N. 2008b. Nitrous oxide emissions respond differently in a loam and a heavy clay soil. *Soil Science Society of American Journal. 72*:1363-1369.

Rochette P., Chantigny M.H., Ziadi N., Angers D.A., Bélanger G., Charbonneau E., Pellerin D., Liang B.C. et Bertrand N. 2014. Soil nitrous oxide emissions after deposition of dairy cow excreta in eastern Canada. *Journal of Environmental Quality 43*:829-841.

Rochette P, Liang C, Pelster D, Bergeron O, Lemke R, Kroebel R, MacDonald D, Yan W, et C. Flemming. 2018. Soil nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada: Exploring relationships with soil, crop and climatic variables. *Agriculture, Ecosystems & Environment 254*: 69-81.

Sheppard, S.C., et S. Bittman. 2011. Farm survey used to guide estimates of nitrogen intake and ammonia emissions for beef cattle, including early season grazing and piosphere effects. *Animal Feed Science and Technology 166-167*:688–698.

Sheppard, S.C., et S. Bittman. 2012. Farm practices as they affect NH_3 emissions from beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science 92*(4):525–543.

Sheppard, S.C., S. Bittman et J. Tait. 2009a. Monthly NH_3 emissions from poultry in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science 89*:21–35.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M. Beaulieu et M.I. Sheppard. 2009b. Ecoregion and farm-size differences in feed and manure nitrogen management: 1. Survey methods and results for poultry. *Canadian Journal of Animal Science 89*:1–19.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2010. Farm practices survey and modelling to estimate monthly NH_3 emissions from swine production in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science 90*:145–158.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift, M. Beaulieu et M.I. Sheppard. 2011a. Ecoregion and farm size differences in dairy feed and manure nitrogen management: A survey. *Canadian Journal of Animal Science 91*:459–473.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2011b. Modelling monthly NH_3 emissions from dairy in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science 91*:649–661.

Chapitre 6, Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

[ABMI] Institut de surveillance de la biodiversité en Alberta. 2025. Alberta Human Footprint Monitoring Program. ABMI Enhanced Human Footprint Inventory (HFIe) for the Oil Sands Region of Alberta 2022 [Base de données géospatiales].

Bailey, A.W. et B.C. Liang. 2013. *Burning of managed grasslands in Alberta, Saskatchewan and British Columbia*. Edmonton (Alberta) : Western Rangeland Consultants Inc. Gatineau (QC) : Environnement Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Blondel, A. 2022. *LULUCF Data Warehouse Documentation - Version 2022*. Rapport inédit. Gatineau (QC) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Bona K.A., Shaw C., Thompson D.K., Hararuk O., Webster K., Zhang G., Voicu M., Kurz W.A. 2020. The Canadian model for peatlands (CaMP): A peatland carbon model for national greenhouse gas reporting. *Ecological Modelling, 431*: 109164.

Bruce, J. P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil Water Conservation 54*: 382–389.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science 76*: 395–401.

Canadian Facts.1997. *Residential fuelwood combustion in Canada.* Réalités canadiennes. Toronto (Ontario). CF Group Inc. Préparé aux fins de l'inventaire national des émissions et pour l'équipe de projet.

Dyk, A., S. Tinis et D. Leckie. 2011. *Deforestation Area Estimation for Canada: Quality Control Overview.* Rapport interne DRS N-031. Victoria (BC) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Dyk, A., D. Leckie, S. Tinis et S. Ortlepp. 2015. *Canada's National Deforestation Monitoring System: System Description*. Rapport d'information BC-X-439, 30 p. Victoria (Colombie-Britannique). Ressources naturelles Canada, Service canadien de la faune, Centre de foresterie du Pacifique. Disponible en ligne : https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/entities/publication/88faa5dd-47c7-40a7-907d-c719ff166dfb (en anglais seulement).

Dymond, C. 2008. *Overview QAQC procedures for NIR 2009*. Rapport interne. Victoria (Colombie-Britannique). Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2016. *Sources d'eau : les terres humides*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-apercu/sources/terres-humides.html.

Fan, J.L., B.G. McConkey, B.C. Liang, D.A.Angers, H.H. Janzen, R. Krobel, D.D. Cerkowniak et W.N. Smith. 2019. Increasing crop yields and root input make Canadian farmland a large carbon sink. *Geoderma 336*: 49-58.

Fisher K., Basler T., Hafer M., Hararuk O., Fellows M., Hudson B., Le E., Magnan M.,Goncalves M.V., Metsaranta J.,Morken S., Nesdoly A., Baston R. 2025. *NFCMARS Methodological Updates for the National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2026).* Rapport inédit. Victoria (BC): Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Gouvernement de l'Alberta. 2025. Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta. Données de l'Inventaire combiné des terres humides de l'Alberta [ensemble de données]. ArcGIS Hub. Disponible en ligne : https://www.arcgis.com/home/item.html?id=07b57a46133a40f88ccb8393e45c4683 (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC. 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie.* GIEC, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K et. al. (dir. de publ.). Hayama (Japon). Institut des stratégies environnementales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/french/full.pdf.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Vol. 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2010. *Revisiting the Use of Managed Land as a Proxy for Estimating National Anthropogenic Emissions and Removals.* Eggleston H.S., N. Srivastava, K. Tanabe, J. Baasansuren (dir. de publ.). Compte rendu de la réunion des experts du GIEC; 5-7 mai 2009; INPE, São José dos Campos, Brésil. Hayama (Japon). Institut des stratégies environnementales. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/0905_MLP_Report.pdf (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands.* Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M, Troxler TG (dir. de publ.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/ (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren A, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse. GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

Groupe de travail national sur les terres humides. 1997. *The Canadian Wetland Classification System*. 2e édition. B.G. Warner et C.D.A. Rubec (dir. de publ.). Waterloo (Ontario). Centre de recherche sur les terres humides, Université de Waterloo. Disponible en ligne : http://www.wetlandpolicy.ca/canadian-wetland-classification-system/ (en anglais seulement).

Groupe de travail sur la classification des sols. 1998. *Le système canadien de classification des sols*. 3e édition. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche. Publication no 1646, Presses scientifiques du CNRC.

Guindon L., Manka F., Correia D.L., Villemaire P., Smiley B., Bernier P., Gauthier S., Beaudoin A., Boucher J., Boulanger Y. 2024. A new approach for Spatializing the Canadian National Forest Inventory (SCANFI) using Landsat dense time series. *Canadian Journal of Forest Research, 54*(7): 793-815.

Hafer, M., M. Fellows, K. Fisher, B. Hudson, M. Magnan, J. Metsaranta, S. Morken, E. Neilson, A. Nesdoly et W. Kurz. 2022. *NFCMARS Methodological Updates for the National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2023).* Rapport inédit. Victoria (BC) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Hagemann U., M. T. Moroni, C. Shaw, W.A. Kurz et F. Makeschin. 2010. *Comparing Measured and Modelled Forest Carbon Stocks in High-Boreal Forests of Harvest and Natural-Disturbance Origin in Labrador, Canada*. Ecological Modelling 221 (5): 825–39.

Hararuk, O., C. Shaw et W.A. Kurz. 2017. Constraining the Organic Matter Decay Parameters in the CBM-CFS3 Using Canadian National Forest Inventory Data and a Bayesian Inversion Technique. *Ecological Modelling 364*:1–12.

Heffner J., J. Steenberg et B. Leblon. 2021. *Comparison between Empirical Models and the CBM-CFS3 Carbon Budget Model to Predict Carbon Stocks and Yields in Nova Scotia Forests.* Forests 12. Disponible en ligne : https://www.mdpi.com/1999-4907/12/9/1235 (en anglais seuelement).

Huffman T., J. Liu, M. McGovern, B. McConkey et T. Martin. 2015a. Carbon stock and change from woody biomass on Canada's cropland between 1990 and 2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment 205*: 102–111.

Huffman, T., D. Leckie, M. McGovern, M. Olesen, M. Green, D.A. Hill, T. Rounce, J. Churchill et J. Liu. 2015b. *Integration of multiple spatial datasets in the development of a temporal series of high-accuracy, high-resolution land use maps.* Actes du 35e symposium EARSeL, 15-19 juin 2015; Stockholm, Suède. Disponible en ligne : http://www.earsel.org/symposia/2015-symposium-Stockholm/pdf/proceedings/Integration%20Huffman.pdf (en anglais seulement).

Hutchinson, J.J., P. Rochette, X. Verge, R. Desjardins et D. Worth. 2007. *Uncertainties in methane and nitrous oxide emissions estimates from Canadian agroecosystems using Crystal Ball.* Rapport préliminaire. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Janzen, H.H., C.A. Campbell, E.G. Gregorich et B.H. Ellert. 1997. *Soil Carbon Dynamics in Canadian Agroecosystems*. Dans R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir. de publ.). Soil processes and the carbon cycles, CRC Press, Boca Raton (Floride), p. 57–80.

Janzen, H.H., C.A. Campbell, R.C. Izaurralde, B.H. Ellert, N. Juma, W.B. McGill et R.P. Zentner. 1998. Management effects on soil C storage on the Canadian prairies. *Soil & Tillage Research 47*: 181–195.

Kull, S.J., G.J. Rampley, S. Morken, J. Metsaranta, E.T. Neilson et W.A. Kurz. 2019. *Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) à l'échelle des opérations, version 1.2 : Guide de l'utilisateur.* Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta).

Kurz, W.A., C.C. Dymond, T.M. White, G. Stinson, C.H. Shaw, G.J. Rampley, C. Smyth, B.N. Simpson, E.T. Neilson, J.A. Trofymow, J. Metsaranta et M.J. Apps. 2009. CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological Modelling 220*: 480–504.

Kurz, W.A., S. Hayne, M. Fellows, J.D. MacDonald, J.M. Metsaranta, M. Hafer et D. Blain. 2018. Quantifying the impacts of human activities on reported greenhouse gas emissions and removals in Canada's managed forest: conceptual framework and implementation. *Canadian Journal of Forest Research 48*(10): 1227–1240. Disponible en ligne : https://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/cjfr-2018-0176 (en anglais seulement).

Kurz W.A., B. Hudson, E.T. Neilson, M. Fellows, M. Hafer et J.D. MacDonald. 2024. Revised historic harvest data improve estimates of the impacts of human activities on reported greenhouse gas emissions and removals in Canada's managed forest. *Canadian Journal of Forest Research 54* (11): 1376-1389. Disponible en ligne : https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/cjfr-2024-0055 (en anglais seulement).

Lapointe E., L. 2022. 2020-2021. *Delphi Consultation - Development of greenhouse gas estimates from Canada's Northern Land-Use Change*. Division des Inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement Canada. Document interne.

Leckie, D. 2011. *Deforestation Area Estimation Uncertainty for Canada's National Inventory Report*. Rapport DRS-N-030 12 p. Victoria (BC) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique.

Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. *Cultivated organic soils in Canada*. Gatineau (Québec) : Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Liang, B.C., A.J. VandenBygaart, D. Cerkowniak, D.J. MacDonald, B.G. McConkey, R.L. Desjardins et D.A. Angers. 2020. Revisiting no no-till's impact on soil organic carbon storage in Canada. *Soil and Tillage Research 198*: 104529. Disponible en ligne : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198719310128 (en anglais seulement).

Liang B.C., X.Y. Hao, J. Schoenau, B.L. Ma, T.Q. Zhang, J.D. MacDonald, M. Chantigny, M. Dyck, W.N. Smith, S.S. Malhi et al. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment 321*: 107619. Disponible en ligne : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880921003236 (en anglais seulement).

Marshall, I.B. et P. Shut. 1999. *Cadre écologique national pour le Canada – Rapport des données d'attribut*. Préparé par Environnement Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/1999report/index.html.

McConkey, B., B.C. Liang, C.A. Campbell, D. Curtin, A. Moulin, S.A. Brandt et G.P. Lafond. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. *Soil and Tillage Research 74*: 81–90.

McConkey, B.G., A.J. VandenBygaart, J. Hutchinson, T. Huffman et T. Martin. 2007. *Uncertainty analysis for carbon change—cropland remaining cropland*. Rapport présenté à Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Metsaranta, J.M., C.H. Shaw, W.A. Kurz, C. Boisvenue et S. Morken. 2017. Uncertainty of inventory-based estimates of the carbon dynamics of Canada's managed forest (1990–2014). *Canadian Journal of Forest Research 47*: 1082–1094.

Metsaranta, J.M., J.A. Trofymow, T.A. Black et R.S. Jassal. 2018. Long-Term Time Series of Annual Ecosystem Production (1985–2010) Derived from Tree Rings in Douglas-Fir Stands on Vancouver Island, Canada Using a Hybrid Biometric-Modelling Approach. *Forest Ecology and Management 429*: 57–68.

Metsaranta, J.M., S.D. Mamet, J. Maillet et A.G. Barr. 2021. Comparison of Tree-Ring and Eddy-Covariance Derived Annual Ecosystem Production Estimates for Jack Pine and Trembling Aspen Forests in Saskatchewan, Canada. *Agricultural and Forest Meteorology 307*:108469.

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2005a. *Initiative de l'Étude de faisabilité sur le boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMPC): analyse des politiques de boisement.* Service canadien des forêts. Disponible en ligne : https://canadacommons.ca/artifacts/36248755/feasibility-assessment-of-afforestation-for-carbon-sequestration-faacs-initiative-pilot-project-final-report-2003-2004/37148198/ (en anglais seulement).

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2005b. *Forest 2020 plantation demonstration assessment (PDA): Afforestation policy analysis.* Rapport interne. Service canadien des forêts.

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2024. *L'état des forêts au Canada : Rapport annuel 2024*. Ottawa (ON) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Disponible en ligne : https://natural-resources.canada.ca/sites/admin/files/documents/2025-08/StateofForestReport-2024-EN.pdf (en anglais seulement).

Prairie Y.T., Alm J., Harby A., Mercier-Blais S., Nahas R. 2017. Guide d'utilisation de l'outil GHG Reservoir Tool (G-res). Projet de recherche de l'UNESCO/IHA sur le statut des réservoirs d'eau douce en matière de GES. Disponible en ligne : https://www.grestool.org (en anglais seulement).

Shaw, C.H., A.B. Hilger, J. Metsaranta, W.A. Kurz, F. Eichel, G. Stinson, C. Smyth et M. Filiatrault. 2014. Evaluation of simulated estimates of forest ecosystem carbon stocks using ground plot data from Canada's National Forest Inventory. *Ecological Modelling 272*: 323–347.

Shaw, C., A. Hilger, M. Filiatrault et W. Kurz. 2018. A Canadian Upland Forest Soil Profile and Carbon Stocks Database. *Ecology 99* (4): 989.

Statistique Canada. 1997. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=7737.

Statistique Canada. 2003. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages.* Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=22916.

Statistique Canada 2007. *Enquête sur les ménages et l'environnement.* Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=44902.

Statistique Canada 2015. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=247867.

Statistique Canada 2017. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=433427.

Statistique Canada 2019. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=1255380.

Steenberg J., Ristow M., Duinker P., Lapointe-Elmrabti L., MacDonald J.D., Nowak D.J., Pasher J., Flemming C. and Samson C. 2023. An updated approach for assessing Canada's urban forest carbon storage and sequestration. *Carbon Balance and Management 18*: 11.

Thiagarajan, A., J.L. Fan, B.G. McConkey et C.A. Campbell. 2018. Dry matter partitioning and residue N content for 11 major field crops in Canada adjusted for rooting depth and yield. *Canadian Journal of Soil Science 98*: 574-579.

Thiagarajan, A., B.C. Liang, J.D. MacDonald, W. Smith, B. VandenBygaart, B. Grant, R. Kroebel, H. Janzen, T.Q. Zhang, B.G. McConkey et al. 2022. Challenges in the use of models to estimate the influence of crop residue input on soil organic carbon in long-term experiments. *Geoderma Regional 30*: e00534.

[TNS] TNS Canadian Facts. 2006. *Residential fuelwood combustion in Canada*. Présenté à Environnement Canada. Rapport C1077/BT. Toronto (Ontario) : TNS Global.

[TNS] TNS Canada. 2012. *Residential fuelwood combustion in Canada*. Présenté à Ressources naturelles Canada. Rapport 1381/BT. Toronto (Ontario) : TNS Canada.

VandenBygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies. *Canadian Journal of Soil Science 83*: 363–380.

VandenBygaart, A.J., B.G. McConkey, D.A. Angers, W. Smith, H. De Gooijer, M. Bentham et T. Martin. 2008. Soil carbon change factors for the Canadian agriculture national greenhouse gas inventory. *Canadian Journal of Soil Science 88*: 671–680.

White, T. et C. Dymond. 2008. *NIR 2007 QA/QC report*. Rapport interne. Gatineau (QC). Environnement Canada.

Chapitre 7, Déchets

AECOM Canada. 2011. *Improved methodology for the estimation of greenhouse gases from Canadian municipal wastewater treatment facilities.*

Chandler. 2006. *Review of dioxins and furans from incineration: in support of a Canada-wide standard review*. Rapport préparé par A J Chandler & Associates.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Literature review on emission factors for the composting process by feedstock type*. Rapport inédit. Ottawa (ON), Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Literature review on percent loss (%) from onsite leakages at off-farm anaerobic digestion systems.* Rapport inédit. Ottawa (ON), Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC.

Envirosim. 2019. *Report on Sludge Production and Characteristics for Municipal WWTP in Canada.* Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada par Envirosim Associates ltée.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

[Levelton] Levelton & Associates Ltd. 1991. *Inventory of methane emissions from landfills in Canada*. Rapport préparé pour H. El Rayes, Environnement Canada. 173 p.

RWDI AIR Inc. 2014. Brandon Biomedical Waste Treatment Facility Environmental Assessment. 30 octobre 2014.

Sawell S.E., Heatherington S.A., Chandler A.J. 1996. An overview of municipal solid waste management in Canada. *Waste Management, 16*: 351-359.

Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 38-10-0032-01 – Élimination de déchets, selon la source, Canada, provinces et territoires [consulté le 14 septembre 2020]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810003201&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 38-10-0034-01 – Matières récupérées, selon le type, Canada, provinces et territoires, aux deux ans [dernière mise à jour le 24 mars 2017, consulté en juillet 2019]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810003401.

Statistique Canada. 2009. Statistiques sur les aliments. N° 21-020-X au catalogue [consulté en juillet 2019]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/21-020-x/2009001/t046-fra.htm.

Chapitre 8, Recalculs et améliorations

Canada. 2012. Loi sur les pêches : *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées*. C.P. 2012-942, 28 juin 2012, DORS/2012-139. Disponible en ligne : https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2012-139.pdf.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales.. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

Navius Research. 2025. *Biofuels in Canada 2025*. Disponible en ligne : https://advancedbiofuels.ca/wp-content/uploads/Biofuels-in-Canada-2025-2025-10-07-Final-Report.pdf (en anglais seulement).

[RNCan et ECCC] Ressources naturelles Canada et Environnement et Changement climatique Canada. 2025. *Plan d'amélioration concernant les estimations des gaz à effet de serre des forêts et des produits ligneux récoltés - Rapport sur l'inventaire national des gaz à effet de serre – 2026 à 2028.* Disponible en ligne : https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/E-ATCATF/?lang=fr.

Annexe 1, Catégories clés

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

Annexe 2, Incertitude

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

Laferrière R., G. Leblanc-Power, S. Tobin et K. Tracey. 2020. *Inventory Emissions Uncertainty for Canada: Accounting for Correlation and Asymmetry with Monte Carlo Simulations*. Rapport inédit. Gatineau (Québec) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Annexe 3.1, Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles

550572 BC Ltd. 2022. Kilometre Accumulation Rates (KARs) in Canada. Préparé pour Environment et Changement climatique Canada.

Alemdag IS. 1984. *Wood density variation of 28 tree species from Ontario*. Petawawa National Forestry Institute. Agriculture Canada. Service canadien des forêts. Report PI-X-45. 12 p.

[BADA] Base of Aircraft Data (BADA). 2019. Version 3.15. France. Eurocontrol Experimental Centre. Disponible en ligne : www.eurocontrol.int (disponible en anglais seulement).

Canadian Facts. 1997. *Residential Fuelwood Combustion in Canada. Canadian Facts*. Préparé aux fins de l'inventaire national des émissions et pour l'équipe de projet. Toronto (Ontario). CF Group Inc.

[CCMF: BDNF] Conseil canadien des ministres des forêts. Base de données nationale sur les forêts. Sans date. 5.1. Voulume marchand net de bois rond récolté par appartenance, catégorie et groupe d'espèces de 1940 à 2020 [Consulté le 11 juine 2024]. Disponible en ligne : http://nfdp.ccfm.org/fr/data/harvest.php.

[CEEDC] Canadian Energy and Emissions Data Centre. 2023. *Energy Use and CO_2 Emissions in Canadian Oil Refineries*. RY2022.

[CEEDC] Canadian Energy and Emissions Data Centre. Sans date [a]. Database on Energy, Production and Intensity Indicators for Canadian Industry [Consulté le 8 nov. 2024]. NAICS 2122 Metal Ore Mining and NAICS 2123 Non-metallic Mineral Mining and Quarrying. Disponible en ligne : https://www.sfu.ca/ceedc.html (disponible en anglais seulement).

[CEEDC] Canadian Energy and Emissions Data Centre. Sans date [b]. Database on Energy, Production and Intensity Indicators for Canadian Industry. NAICS 327310 Cement Manufacturing. [Consulté le 18 oct. 2024]. Disponible en ligne : https://www.sfu.ca/ceedc.html (disponible en anglais seulement).

Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a national inventory of greenhouse gas and fugitive VOC emissions by the Canadian coal mining industry*. Rapport final présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

DesRosiers. Canadian Vehicles in Operation Census (CVIOC). Rapports annuels préparés par DesRosiers Automotive Consultants.

[ECCC] Environment et Changement climatique Canada. 2017. *Updated CO_2 emission factors for gasoline and diesel fuel*. Rapport inédit, préparé par S. Tobin, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2018. *Off-road Equipment Analysis – Oil Sands Mining Equipment*. Rapport inédit, préparé par B. Greenlaw, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2024. *Residential fuelwood consumption in Canada*. Rapport inédit, préparé par J. Kay, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2025. Programme des gaz à effet de serre – Données sur les gaz à effet de serre déclarées par les installations. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/donnees.html.

[FAA] Federal Aviation Administration. 2018. *Air Traffic Organization Policy - Aircraft Type Designators.* Order JO 7360.1D. U.S. Department of Transportation.

[FAA] Federal Aviation Administration (FAA). 2020. FAA Airports. Disponible en ligne : https://www.faa.gov/airports.

Fleming, G. 2008a. Canada OD Pairs grt10flts.xls. Federal Aviation Administration. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Fleming, G. 2008b. SAGE Airport Codes and Locations. Federal Aviation Administration. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Fleming, G. 2008c. CAEP8 Goals Operations Round1. Modeling and Database Task Force. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

Gonzalez, J.S. 1990. *Wood Density of Canadian Tree Species*. Forestry Canada, Northwest Region. Northern Forestry Centre. Edmonton, AB. Information Report NOR-X-315. 130 p.

Hagstrom, M. 2010. TPengs FOI orig comp data 031105 corr 071129 Jason Hickey 13 juin 2010. Stockholm, Suède. Department of Systems Technology, Swedish Defence Research Agency. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[IATA] Association du transport aérien international. 2020. Airline and Location Code Search. Disponible en ligne : https://www.iata.org/en/publications/directories/code-search/ (disponible en anglais seulement).

Jessome, A.P. 2000. *Strength and Related Properties of Woods Grown in Canada.* Forintek Canada Corp. Publication SP-114E. 37 p.

NAV Canada. 2009. *Supplément de vol Canada*. Ottawa (Ontario) : NAV Canada.

NAV Canada. 2018a. *Supplément hydroaérodromes – Canada - En vigueur du 29 mars 2019 au 25 avril 2019*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2018b. *Airport IATA and ICAO codes.* NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2019a. *Supplément de vol Canada – En vigueur du 15 août 2019 au 10 octobre 2019*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2019b. *Supplément hydroaérodromes – Canada – En vigueur du 25 avril 2019 au 26 mars 2020*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2020a. *Supplément hydroaérodromes – Canada – En vigueur du 31 décembre 2020 au 25 février 2021*. Ottawa (Ontario) : NAV Canada.

NAV Canada. 2020b. *Supplément hydroaérodromes - Canada – En vigueur du 31 décembre 2020 au 25 février 2021.* NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2024a. *Supplément de vol Canada – En vigueur du 25 janvier 2024 au 21 mars 2024*. Ottawa (Ontario) : NAV Canada.

NAV Canada. 2024b. *Supplément hydroaérodromes – Canada – En vigueur du 20 avril 2024 au 21 mars 2024.* Ottawa (ON) : NAV Canada.

Navius Research. 2025. *Biofuels in Canada 2025*. Disponible en ligne: https://advancedbiofuels.ca/wp-content/uploads/Biofuels-in-Canada-2025-2025-10-07-Final-Report.pdf. (en anglais seulement)

[OACI] Organisation de l'aviation civile internationale. 2016. DOC 8643 – Indicateurs de type d'aéronef.

[OACI] Organisation de l'aviation civile internationale. 2019. Engine Emissions Databank. Version 26B. Civil Aviation Authority. Disponible en ligne : http://easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank.

[OACI] Organisation de l'aviation civile internationale. 2024. ICAO Aircraft Type Designators. Disponible en ligne : https://www.icao.int/publications/doc8643/pages/search.aspx (disponible en anglais seulement).

Oak Leaf Environmental Inc. 2019. *Amélioration et mise à jour du modèle d'émissions NONROAD2012C*. Rapport préliminaire. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[OFAC] Office fédéral de l'aviation civile. 2007. *Émissions des moteurs d'aéronefs à piston : rapport récapitulatif.* Confédération suisse, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication. 13 juin 2007. Nº au catalogue 0/3/33/33-05-003.022.

Polk, R. L. 2013. Vehicles in Operation (VIO) Database. Compilé par R.L. Polk and Company, Southfield, Michigan, États-Unis.

Statistique Canada. Sans date [a]. *Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie.* [Date de modification : 2025-10-27]. Disponibles en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5047&Item_Id=44545&lang=en%20.

Statistique Canada. Sans date [b]. *Enquête annuelle sur la consommation de combustibles de centrales thermiques d'énergie électrique.* [Date de modification : 2025-10-20]. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=2196.

Statistique Canada. Sans date [c]. *Enquête sur les ménages et l'environnement.* [Date de modification : 2022-03-23]. Disponible en ligne: https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getInstanceList&Id=1542230.

Statistique Canada. Sans date [d]. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. Catalogue No. 57-003-X. Disponible en ligne: https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/57-003-x/57-003-x2023002-fra.htm.

Statistique Canada. Sans date [e]. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages.* [Date de modification : 2007-10-24]. Disponible en ligne: https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=7737.

Statistique Canada. 2015. Tableau 23-10-0235-01 : Immatriculations de véhicules automobiles routiers, remorque et motoneige. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310023501&request_locale=fr.

Statistique Canada. 2020. Tableau 23-10-0067-01 : Immatriculations de véhicules, par type de véhicule, inactif. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310006701&request_locale=fr.

Statistique Canada. 2025. Tableau 23-10-0308-01 : Immatriculations de véhicules, par type de véhicule et type de carburant. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310030801.

[SRMA] Statistiques relatives aux mouvements d'aéronefs. 2024. Extraits d'une base de données de Statistique Canada, de 1996 à 2023; personnel de Transports Canada pour les années de 1990 au 31 octobre 1996. Ottawa (Ontario) : Statistique Canada.

Thibault, J. 2025. ACFC Données.csv. Association des chemins de fer du Canada. Jeux de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[TNS] TNS Canadian Facts. 2006. *Residential Fuelwood Combustion in Canada*. Présenté à Environnement Canada. Report C1077/BT. TNS Global, Toronto (Ontario).

[TNS] TNS Canada. 2012. *Residential Fuelwood Combustion in Canada.* Presented to Natural Resources Canada. Report 1381/BT. TNS Global, Toronto (Ontario).

Wiesen P., J. Kleffmann, R. Kurtenbach et K.H. Becker. 1994. Nitrous Oxide and Methane Emissions from Aero Engines. Geophysical Research Letters, vol. 21, nº 18: 2027-2030.

World Airport Codes. 2024. World Airport Codes Online Database. Disponible en ligne : https://www.world-airport-codes.com/ (disponible en anglais seulement).

Annexe 3.2, Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

[AB]. Gouvernement de l'Alberta. 2018. *Methane Emission Reduction Regulation*. A.R. 244/2018. 12 décembre 2018. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/dataset/2018_244 (en anglais seulement).

[AB]. Gouvernement de l'Alberta. 2021. *Alberta Township Survey System*. [consulté le 14 janvier 2021]. Disponible en ligne : https://www.alberta.ca/alberta-township-survey-system.aspx (en anglais seulement).

[ACG]. Association canadienne du gaz. 1997. *1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry*. Calgary (Alberta) : Radian International LLC.

[ACG]. Association canadienne du gaz. 2022. *Corporate Profile 2021*. Disponible en ligne : https://www.cga.ca/wp-content/uploads/2022/10/Corporate-Profile-2021.pdf (en anglais seulement).

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. Sans date [a]. *Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry.* [consulté le 19 décembre 2023]. Disponible en ligne : https://www.capp.ca/resources/statistics/ (en anglais seulement).

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. Sans date [b]. *Annual Drilling Report*. Données inédites. Fournies par l'ACPP à Environnement et Changement climatique Canada [24 octobre 2025].

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. *CH_4 and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry*, Vol. 1 et 2. Publication Nº 1999-0010. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005a. *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H_2S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry*, Vol. 1-5. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005b. *Extrapolation of the 2000 UOG Emission Inventory to 2001, 2002 and 2003.* Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2006. *An Inventory of GHGs, CACs, and H_2S Emissions by the Canadian Bitumen Industry: 1990 to 2003*. Vol. 1-3. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2007. *Best management practice - Management of fugitive emissions at upstream oil and gas facilities*. Disponible en ligne : https://infratech.cc/wp-content/uploads/2015/02/CAPP-BMPFEM.pdf (en anglais seulement).

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2014. *Update of fugitive equipment leak emission factors.* Préparé par Clearstone Engineering Ltd.

[AEPA]. Ministère de l'Environnement et des Zones protegées de l'Alberta. 2022. 2020 Methane Emissions Management from the Upstream Oil and Gas Sector in Alberta. Publié en janvier 2022. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/publications/methane-emissions-management-upstream-oil-and-gas-sector (en anglais seulement).

[AER] Alberta Energy Regulator. Sans date [a]. *ST26: Statistical Series 26: Alberta Coal Industry Monthly Statistics*. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/data-and-performance-reports/statistical-reports/st26 (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. Sans date [b]. *Alberta Energy Resource Industries Monthly Statistics, Gas Supply and Disposition*. [mis à jour le 28 janvier 2025; consulté le 25 avril 2025]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/data-and-performance-reports/statistical-reports/st3 (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. Sans date [c]. *Alberta's Energy Reserves and Supply/Demand Outlook.* [consulté le 30 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/data-and-performance-reports/statistical-reports/alberta-energy-outlook-st98 (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. Sans date [d]. *AER Compliance Dashboard – Incidents*. [consulté le 31 octobre 2025]. Disponible en ligne : http://www1.aer.ca/compliancedashboard/incidents.html (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. Sans date [e]. *Well vent flow/gas migration report.* [consulté le3 avril 2025]. Disponible en ligne : https://www1.aer.ca/productcatalogue/365.html (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. Sans date [f]. *ST37: List of Wells in Alberta.* [consulté le 5 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st37.html (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. Sans date [g]. *Directive 060 : Upstream Petroleum Industry Flaring, Incinerating, and Venting.* [modifié le 19 juin 2025]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/regulations-and-compliance-enforcement/rules-and-regulations/directives/directive-060 (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 1990−. *Alberta mineable oil sands plant statistics, monthly supplement.* 2009−2022. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st39 (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2000−. *Upstream Petroleum Industry emissions report*. [consulté le 10 décembre 2025]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/data-and-performance-reports/statistical-reports/st60b (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2020. *ST50A: Gas processing plants in Alberta.* [consulté le 30 juin 2020]. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st50.html (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022. *Directive 017 : Measurement requirements for oil and gas operations*. Disponible en ligne : www.aer.ca/regulating-development/rules-and-directives/directives/directive-017 (en anglais seulement).

[API]. American Petroleum Institute. 2017. Using the Greenhouse Gas Reporting Program (GHGRP) data to improve the National Greenhouse Gas Emissions Inventory for Petroleum and Natural Gas Systems.

Advisian Ltd. 2019. *Oil and gas inventory information enhancement and economic analysis study: Field data gather and interpret report*. Préparé pour le ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. Calgary (Alberta).

Atherton E., Risk D., Fougère C., Lavoie M., Marshall A., Werring J., Williams J. P., Minions C. 2017. Mobile measurement of methane emissions from natural gas developments in northeastern British Columbia, Canada. *Atmos. Chem. Phys., 17*: 12405-12420.

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. Sans date [a]. *Production and Distribution of Natural Gas in B*C. [consulté le 5 juillet 2019]. Disponible en ligne : https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/natural-gas-oil/statistics (en anglais seulement).

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. Sans date [b]. *Oil and Gas Activities Act - Drilling and Production Regulation.* B.C. Reg. 282/2010. [modifié le 1er avril 2025]. Disponible en ligne : https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/282_2010 (en anglais seulement).

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2020a. *B.C. Gas plant/dehydrator report*. [consulté le 22 juillet 2020]. Disponible en ligne : https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/natural-gas-oil/statistics (en anglais seulement).

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2020b. *Petroleum and Natural Gas Act – Petroleum and Natural gas Grid Regulation*. B.C. Reg. 536/2004. [modifié le 27 février 2020]. Disponible en ligne : https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/536_2004 (en anglais seulement).

[BC]. Gouvernment de la Colombie-Britannique. 2024. *Pneumatic – BC Provincial Reported Data.* Données inédites. Fournies par le ministère de l'Énergie et des solutions climatiques de la Colombie-Britannique à Environnement et Changement climatique Canada [31 mai 2024].

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [a]. *Drilling kicks and blowouts by area* [consulté le 17 septembre 2024]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/plogc/Ext_Accnt.Logon?p_ct=08122023061942 [créer un compte d'utilisateur gratuit pour accéder aux données] (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [b]. Petrinex volumetric data. Fourni par la BCER à Environnement et Changement climatique Canada [20 février 2025].

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [c]. *Drilling Data for all wells in B.C. – Gas Sample Analyses* [consulté le 29 avril 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/plogc/OGC_Download.General_File?p_ct=28112025093049 [créer un compte d'utilisateur gratuit pour accéder aux données] (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [d]. *Production Data for all wells in B.C*. [consulté le 8 juillet 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/plogc/OGC_Download.General_File?p_ct=28112025093049 https://reports.bc-er.ca/plogc/Ext_Accnt.Logon?p_ct=08122023061942 [créer un compte d'utilisateur gratuit pour accéder aux données] (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [e]. *Facility inventory* [consulté le 7 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/ogc/f?p=200:57:11325866889481:NO (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [f]. *Surface casing vent flow database* [consulté le 6 novembre 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/ogc/f?p=AMS_REPORTS:SCVF (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [g]. *Well index report* [consulté le 5 mars 2025]. Disponible en ligne : https://iris.bcogc.ca/download/well_index.csv (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [h]. *Well surface abandonment report* [consulté le 5 mars 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/ogc/app001/r/ams_reports/well-surface-abandonments (en anglais seulement).

[BCER]. British Columbia Energy Regulator. Sans date [i]. *Well surface hole locations* [consulté le 22 septembre 2025]. Disponible en ligne : https://data-bc-er.opendata.arcgis.com/datasets/657b609ee3314adf91da5ab86d42cda7_0/explore (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2018. *BC historical facility report.* Fourni par la BCOGC à Environnement et Changement climatique Canada [23 octobre 2018].

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2019. *Air Summary Report.*

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2021. *BC Measurement Guideline, Version 2.3: November, 2021.* Disponible en ligne : https://www.bcogc.ca/files/operations-documentation/Oil-and-Gas-Operations-Manual/Supporting-Documents/BC-Measurement-Guideline.pdf (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022. Leak, Detection and Repair Data for Wells and Facilities [BCOGC-87988]. [consulté le 1er avril 2022]. Disponible en ligne : https://www.bcogc.ca/data-reports/data-centre/?category=41240 (en anglais seulement).

Carbon Limits. 2017. *Statistical analysis of leak detection and repair in Canada - Extension*. Préparé pour Environnement Canada. Avril 2017.

Cenovus Energy. 2021−. *Lloydminster upgrader throughput.* Rapport inédit. Fourni par Cenovus Energy à Environnement et Changement climatique Canada [5 novembre 2025].

[CEPEI] Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation. 2013–. *Gas transportation sector emissions by province, sub-sector, source and greenhouse gas*. Données inédites. Fournies par le CEPEI à Environnement et Changement climatique Canada.

[CEPEI] Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation. 2016. *Methodology Manual: Estimation of Air Emissions from the Canadian Natural Gas Transmission, Storage and Distribution System.* Préparé pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (AB).

[CEPEI] Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation. 2022. *Methodology Manual: Estimation of Air Emissions from the Canadian Natural Gas Transmission, Storage and Distribution System.* Préparé pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (AB).

Chan E., Worthy D.E.J, Chan D., Ishizawa M., Moran M.D., Delcloo A., Vogel F. 2020. Eight-year estimates of methane emissions from oil and gas operations in western Canada are nearly twice those reported in inventories. Environ. Sci. Technol., 54(23): 14899-14909.

Chan E., Vogel F., Smyth S., Barrigar O., Ishizawa M., Kim J., Neish M., Chan D., Worthy D.E.J. 2024. Hybrid bottom-up and top-down framework resolves discrepancies in Canada's oil and gas methane inventories. Commun. Earth Environ., 5(1): 566.

Cheminfo Services inc. et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a National Inventory of Greenhouse Gas and Fugitive VOC Emissions by the Canadian Coal Mining Industry*. Rapport final soumis à la Section de l'énergie, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton. 2018. *Update of equipment, component and fugitive emission factors for Alberta upstream oil and gas.* Préparé pour l'Alberta Energy Regulator par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (Alberta).

Clearstone Engineering Ltd. 2019. *2018 Alberta upstream oil & gas methane emissions inventory and methodology.* Préparé pour l'Alberta Energy Regulator par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (Alberta).

Conrad B.M., Tyner D. R., Li H. Z., Xie D. et Johnson M.R. 2023a. A measurement-based upstream oil and gas methane inventory for Alberta, Canada reveals higher emissions and different sources than official estimates. *Commun. Earth Environ. 4*(1), 416.

Conrad B.M., Tyner D.R. et Johnson M.R. 2023b. The futility of relative methane reduction targets in the absence of measurement-based inventories. *Environ. Sci. Technol. 57*(50): 21092–21103.

Conrad B.M.,Tyner D.R., Johnson M.R. 2023c. Robust probabilities of detection and quantification uncertainty for aerial methane detection: Examples for three airborne technologies. *Remote Sensing of Environment, 288*(2023): 113499.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date [a]. *Statistiques sur l'environnement – Fréquence et volume des déversements – Résumé annuel.* [consulté le 5 août 2025]. Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date [b]. *Monthly Gas Flaring, Injection and Fuel Volumes by Facility.* Rapport inédit. Fourni par la RC-TNLEE à Environnement et Changement climatique Canada [consulté le 5 août 2025].

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date [c]. *Schedule of Wells Summary.* [consulté le 11 mars 2025]. Disponible en ligne : https://home-cnlopb.hub.arcgis.com/ (en anglais seulement).

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 1997–. *Données récapitulatives sur la production du champ Hibernia par puits.* Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2002–. *Données récapitulatives sur la production du champ de Terra Nova par puits.* Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2005–. *Données récapitulatives sur la production du champ de White Rose par puits*. Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2010–. *Données récapitulatives sur la production du champ North Amethyst par puits.* Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2017–. *Données récapitulatives sur la production du champ Hebron par puits.* Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[EC]. Environnement Canada. 2014. *Technical Report on Canada's Upstream Oil and Gas Industry.* Vol. 1-4. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. Sans date. Programme de déclaration de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/donnees.html.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2017. *An Inventory of GHG, CAC and Other Priority Emissions by the Canadian Oil Sands Industry: 2003 to 2015.* Vol. 1-3. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2018. *Règlement concernant la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont)* (DORS/2018-66). Disponible en ligne : https://pollution-dechets.canada.ca/registre-protection-environnementale/reglements/visualiser?Id=146.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Accord d'équivalence Canada-Alberta concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020.* Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-alberta-methane-petrole-gaz.html.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Accord d'équivalence Canada-Colombie-Britannique concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-colombie-britannique-methane-petrole-gaz.html.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2020c. *Accord d'équivalence Canada-Saskatchewan concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020.* Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-saskatchewan-methane-petrole-gaz.html.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2024. *Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada / Programme de déclaration des gaz à effet de serre*. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/site/eng/9.866468/publication.html.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2026. *Upstream oil and gas fugitive emissions model: Methodology and documentation*. Rapport inédit.

[EERL] Energy and Emissions Research Laboratory. 2025. *Source-resolved measurement-based methane inventories for Upstream Oil and Gas sectors in Alberta, British Columbia, and Saskatchewan, 2023*. Données inédites. Fournies par l'EERL à Environnement et Changement climatique Canada [31 octobre 2025].

Enbridge Inc. 2019. *Resilient Energy Infrastructure: Addressing Climate-Related Risks and Opportunities*. Disponible en ligne : https://www.enbridge.com/sustainability-reports/resilient-energy-infrastructure/metrics-and-targets (en anglais seulement).

[EUB]. Alberta Energy and Utilities Board. 2003. *ID 2003-01: Surface casing venting flow/gas migration testing, reporting, and repair requirements*. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/regulating-development/rules-and-directives/directives/id-2003-01 (en anglais seulement).

Festa-Bianchet S.A.,Tyner D.R., Seymour S.P., Johnson M.R. 2023. Methane Venting at Cold Heavy Oil Production with Sand (CHOPS) Facilities Is Significantly Underreported and Led by High-Emitting Wells with Low or Negative Value. *Environmental Science & Technology: 57*(8).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Calvo Buendia E., Tanabe K., Kranjc A., Baasansuren J., Fukuda M., Ngarize S., Osako A., Pyrozhenko Y., Shermanau P., Federici S. (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

GreenPath Energy Ltd. 2016. *Modelling Inputs for Upstream Oil and Gas Methane Emission Sources*. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[GRI]. Gas Research Institute. 2000. *Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada*. Austin (Texas) : Radian International LLC.

Hollingshead, B. 1990. *Methane Emissions from Canadian Coal Operations: A Quantitative Estimate*. Rapport CI 8936. Devon (Alberta) : Coal Mining Research Company.

Husky Energy Inc. 1998–2019. *Husky Energy Annual Reports*. N'est plus disponible en ligne.

[ICPP]. Institut canadien des produits pétroliers. 2004. *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production*. Calgary (Alberta) : Levelton Consultants Ltd., avec Purvin & Gertz Inc.

Johnson M. R., Conrad B.M. et Tyner D. R. 2023. Creating measurement-based oil and gas sector methane inventories using source-resolved aerial surveys. *Communications Earth & Environment, 4*(1).

Johnson M.R., Tyner D.R., Conley S., Schwietzke S., Zavala-Araiza D. 2017. Comparisons of airborne measurements and inventory estimates of methane emissions in Alberta upstream oil and gas sector. *Environ. Sci. Technol., 51*(21):13008-13017.

Johnson M.R. 2025. *Measurement-based Inventories of Canada's UOG Methane Emissions: Latest Results and Trends.* Présentation. Ottawa (ON): 2025 CanCH_4 Symposium, Carleton University [7 mai 2025]. Disponible en ligne : https://www.youtube.com/watch?v=-Ocvq593Uxl (en anglais seulement).

King B. 1994. *Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, Engineering, Economic and Institutional Implications of Options*. Rapport préparé par Neill and Gunter pour Environnement Canada.

Klotz L.A., Woolley L., Lamarche L., Boutot J., et Kang M. 2025. Sevenfold Underestimation of Methane Emissions from Non-producing Oil and Gas Wells in Canada. *Environmental Science & Technology: 59*(18): 9008-9016.

MacKay K., Lavoie M., Bourlon E., Atherton E., O'Connell E., Baillie J., Fougère C., Risk D. 2021. Methane emissions from upstream oil and gas production in Canada are underestimated. *Scientific Reports: 11*: 8041.

[MB EDITNR]. Ministère du Développement économique, de l'Investissement, du Commerce et des Ressources naturelles du Manitoba. Sans date [a]. Petroleum industry spill statistics [revisé le 9 octobre 2025; consulté le 4 novembre 2025]. Disponible en ligne : http://www.gov.mb.ca/iem/petroleum/stats/spills.html (en anglais seulement).

[MB EDITNR]. Ministère du Développement économique, de l'Investissement, du Commerce et des Ressources naturelles du Manitoba. Sans date [b]. Petrinex volumetric data. Fourni par le MB EDITNR à Environnement et Changement climatique Canada [23 avril 2025].

[MB EDITNR]. Ministère du Développement économique, de l'Investissement, du Commerce et des Ressources naturelles du Manitoba. Sans date [c]. Production reports. [consulté le 11 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.gov.mb.ca/iem/petroleum/reports/index.html (en anglais seulement).

[MB EDITNR]. Ministère du Développement économique, de l'Investissement, du Commerce et des Ressources naturelles du Manitoba. Sans date [d]. Petroleum Statistics: Unique Well Identifier Key List. [consulté le 11 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.manitoba.ca/iem/petroleum/reports/index.html (en anglais seulement).

Naseri A. et Vena A. (Resources Naturelles Canada). 2025. *Analysis of Gas Composition Data in British Columbia Upstream Oil and Gas Sector.* Rapport inédit. CanmetENERGY-Ottawa (ON): Resources Naturelles Canada (RNCan). Préparé pour Environement et Changement climatique Canada.

[NBRNDÉ]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick. Sans date. Statistiques mensuelles de la production du pétrole et du gaz. [consulté le 8 novembre 2024]. Disponible en ligne : https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/en/pdf/Minerals-Minerales/Monthly_Statistics.pdf.

[NBRNDÉ]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick. 2020. Well Listing. Rapport inédit. Fourni par le NBRNDÉ à Environnement et Changement climatique Canada [21 mai 2020].

[NWTMI]. Ministère de l'Infrastructure des Territoires du Nord-Ouest. Sans date. Annual fossil and synthetic natural gas consumption. Données inédites. Fournies par le NWTMI à Environnement et Changement climatique Canada [16 octobre 2025].

[OGSRL]. Oil, Gas & Salt Resources Library. Sans date. Petroleum Well Data – Ontario. [consulté le 6 mars 2025]. Disponible en ligne : http://www.ogsrlibrary.com/data_free_petroleum_ontario (en anglais seulement).

ORTECH Consulting Inc. 2013. *Canadian Natural Gas Companies 2005 and 2011 Greenhouse Gas and Criteria Air Contaminant Inventory Report and Validation by Audit.* Guelph (Ontario) : CEPEI.

ORTECH Consulting Inc. 2015–2024. *Canadian Natural Gas Transmission and Distribution Companies Greenhouse Gas Inventory, 2013 to 2022.* Preparé pour Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation.

Petrinex. Sans date [a]. *Saskatchewan Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data*. [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx (en anglais seulement).

Petrinex. Sans date [b]. *Alberta Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data.* [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx (en anglais seulement).

Petrinex. Sans date [c]. *Alberta Facility Licence*. [consulté le 14 septembre 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx (en anglais seulement).

Petrinex. Sans date [d]. *Saskatchewan Facility Infrastructure*. [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx (en anglais seulement).

Petrinex. Sans date [e]. *Alberta Well infrastructure.* [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx (en anglais seulement).

Prasino Group. 2013. *Final Report for Determining Bleed Rates for Pneumatic Devices in British Columbia*. Décembre 2013.

[QCMERN]. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec. 2021. *Rapport sur l'état des puits d'hydrocarbures inactifs au Québec.* [consulté le 17 novembre 2022]. Disponible en ligne : https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/secteur_activites/energie/RA_etat_puits_hydrocarbure_inactifs_2021.pdf

[R.S.C., 1985, c. W-6] Canada. 1985. *Loi sur les poids et mesures*, Lois révisées du Canada, 1985, c. W-6. Disponible en ligne : https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/w-6/page-1.html

[RC-TNLEE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador. 1997–. *Données récapitulatives sur la production du champ Hibernia par puits*. Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2002–. *Données récapitulatives sur la production du champ de Terra Nova par puits*. Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2005–. *Données récapitulatives sur la production du champ de White Rose par puits.* Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2010–. *Données récapitulatives sur la production du champ North Amethyst par puits*. Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. 2017–. *Données récapitulatives sur la production du champ Hebron par puits.* Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date [a]. *Statistiques sur l'environnement – Fréquence et volume des déversements – Résumé annuel.* [consulté le 05 août 2025]. Disponible en ligne : https://www.rctnlee.ca/information/donnees-statistiques/.

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date [b]. *Monthly Gas Flaring, Injection and Fuel Volumes by Facility.* Rapport inédit. Fourni par l'OCTLHE à Environnement et Changement climatique Canada [consulté le 5 août 2025].

[RC-TNLEE]. Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date [c]. *Schedule of Wells Summary.* [consulté le 11 mars 2025]. Disponible en ligne : https://home-cnlopb.hub.arcgis.com/ (en anglais seulement).

[RCNEEE]. Régie Canada-Nouvelle-Écosse de l'énergie extracôtière. 2019. Production data. [consulté le 7 novembre 2019]. Disponible en ligne : https://rcneee.ca/energie-petroliere-et-gaziere/projets-de-production-herites.

[REC]. Régie de l'énergie du Canada. 2025. *Avenir énergétique du Canada en 2023*. [consulté le 30 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://apps.cer-rec.gc.ca/ftrppndc/dflt.aspx?GoCTemplateCulture=fr-CA.

[RNCan]. Ressources naturelles Canada. Sans date. Base de données complète sur la consommation d'énergie − Secteur résidentiel. Office de l'efficacité énergétique. [consulté le 11 mars 2025]. Disponible en ligne : https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm.

Rutherford J.S., Sherwin E.D., Ravikumar A.P., Heath G.A., Englander J., Cooley D., Lyon D., Omara M., Langfitt Q., Brandt A.R. 2021. Closing the methane gap in US oil and natural gas production emissions inventories. *Nat. Commun., 12*(1): 4715.

[SK]. Gouvernement de la Saskatchewan. Sans date. *The Oil and Gas Emissions Management Regulations* (OGEMR) [modifié en mars 2024]. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/92804/formats/109853/download (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. Sans date. *Saskatchewan upstream oil and gas IRIS incident report* [consulté le 4 novembfre 2025]. Disponible en ligne : http://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/78193/formats/87695/download (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 1990–2008. *Mineral Statistics Yearbook*. Petroleum and Natural Gas. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/products/82350 (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2009–2011. *Annual Petroleum Statistics*.Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2540 (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2019. *Guideline PNG035: Estimating venting and fugtive emissions, Version 1.0*. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/103639/formats/114982/download (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2020. *Directive PNG017: Measurement requirements for oil and gas operations, Revision 4.0*. Septembre 2020. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/105418/formats/117680/download (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012– [a]. *Crude Oil Volume and Value Summary*. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/1241 (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012– [b]. *Natural Gas Volume and Value Summary*. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/1242 (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012– [c]. *Saskatchewan Fuel, Flare and Vent.* Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2541 (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2013–. *Gas plant reports*. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2542 (en anglais seulement).

[SK MER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2021. *Gas composition by production class.* Inédit. Fourni à Environnement et Changement climatique Canada [13 juillet 2021].

Shen L., Gautam R., Omara M,. Zavala-Araiza D., Maasakkers J.D., Scarpelli T.R., Lorente A., Lyon D., Sheng J., Varon D.J., et al. 2022. Satellite quantification of oil and natural gas methane emissions in the US and Canada including contributions from individual basins. *Atmos. Chem. Phys., 22*(17): 11203–11215.

Shen L., Jacob D.J., Gautam R., Omara M., Scarpelli T.R., Lorente A., Zavala-Araiza D., Lu X., Chen Z., Lin J. 2023. National quantifications of methane emissions from fuel exploitation using high resolution inversions of satellite observations. *Nat. Commun., 14* (1): 4948.

Spartan Controls. 2018. *Pneumatic vent gas measurement*. Préparé pour la Petroleum Technology Alliance of Canada (PTAC).

Statistique Canada. Sans date [a]. Statistiques du charbon et du coke. Nº 45-002-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/45-002-X.

Statistique Canada. Sans date [b]. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada.* Nº 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X

Statistique Canada. Sans date [c]. Tableau 25-10-0047-01 – Gaz naturel, approvisionnements et utilisations, mensuel. https://doi.org/10.25318/2510004701-fra.

Statistique Canada. Sans date [d]. Tableau 25-10-0055-01 – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel. https://doi.org/10.25318/2510005501-fra.

Statistique Canada. Sans date [e]. Tableau 25-10-0014-01 – Pétrole brut et équivalents, approvisionnement et utilisation, mensuel. https://doi.org/10.25318/2510001401-fra.

Statistique Canada. Sans date [f]. Tableau 25-10-0063-01 – Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent. https://doi.org/10.25318/2510006301-fra.

Statistique Canada. Sans date [g]. Tableau 25-10-0057-01 – Entreposage du gaz naturel canadien, Canada et provinces, mensuel. https://doi.org/10.25318/2510005701-fra.

Statistique Canada. Sans date [h]. Tableau 25-10-0032-01 – Gaz naturel, arrivages et utilisation, mensuel. https://doi.org/10.25318/2510003201-fra.

Statistique Canada. Sans date [i]. Tableau 25-10-0033-01– Gaz naturel, ventes mensuelles. https://doi.org/10.25318/2510003301-fra.

Statistique Canada. Sans date [j]. Tableau 25-10-0059-01 – Distribution du gaz naturel canadien mensuelle, Canada et provinces. https://doi.org/10.25318/2510005901-fra.

Statistique Canada. Sans date [k]. Tableau 17-10-0005-01 – Estimations de la population au 1er juillet, par âge et sexe. https://doi.org/10.25318/1710000501-fra.

Statistique Canada. 2024. Longueur des gazoducs, par province. Base de données inédites. Fournie à Environnement et Changement climatique Canada [octobre 2024].

[StatNWT]. Bureau de la statistique des Territoires du Nord-Ouest. Sans date. Total Gas Production and Total Oil Production. [consulté le 30 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://www.statsnwt.ca/economy/oil-gas/ (en anglais seulement).

[StatNWT]. Bureau de la statistique des Territoires du Nord-Ouest. 2022. Population estimates by community − Norman Wells. Disponible en ligne : https://www.statsnwt.ca/population/population-estimates/bycommunity.php (en anglais seulement).

Tyner D. et M. Johnson. 2020. Improving Upstream Oil and Gas Emissions Estimates with Updated Gas Composition Data. Université Carleton (Ontario) : Energy and Emissions Research Laboratory (EERL). Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Tyner D. et Johnson M. 2021. Where the methane is—Insights from Novel Airborne LiDAR Measurements Combined with Ground Survey Data. *Environ. Sci. Technol. 55*(4): 9773–9783.

[US EPA]. Environmental Protection Agency des États-Unis. 1995. Protocol for equipment leak emission estimates.

[US EPA]. Environmental Protection Agency des États-Unis. 2004. Methane Emissions from Abandoned Coal Mines in the United States: Emission Inventory Methodology and 1990-2002 Emissions Estimates.

[YK]. Gouvernement du Yukon. 2020. Energy, Mines and Resources: Yukon Well Listing. [mis à jour en mai 2014; consulté le 26 octobre 2020]. Disponible en ligne : https://yukon.ca/en/yukon-well-listing (en anglais seulement).

Zavala-Araiza D., Herndon S.C., Roscioli J.R., Yacovitch T.I., Johnson M.R., Tyner D.R., Omara M., Knighton B. 2018. Methane emissions from oil and gas production sites in Alberta, Canada. *Elem. Sci. Anth., 6*: 27.

Annexe 3.3, Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

Cheminfo Services. 2005a. *Improvements to Canada's greenhouse gas emissions inventory related to non-energy use of hydrocarbon products*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2005b. *Improving and updating industrial process-related activity data and methodologies used in Canada's greenhouse gas inventory, hydrofluorocarbons (HFCs)*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Environment Canada (EC) et Association canadienne de l'électricité. 2008. *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF_6 pour les services d'électricité.* Disponible en ligne : https://www.publications.gc.ca/site/eng/9.642574/publication.html.

Environment Canada (EC). 1996. Données de 1995 sur les HFC recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1988)*, paragraphe 16 : conformément à l'Avis concernant certains hydrocarbures publié dans la Gazette du Canada, Partie 1, vol. 130, nº 24, p. de 1684 à 1688. Données non publiées. Préparé par la Direction de l'évaluation des produits chimiques pour la Division des gaz à effet de serre.

Environment Canada (EC). 1998. Données de 1996 à 1997 sur les HFC recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1988)*, paragraphe 16 : conformément à l'Avis concernant certains hydrocarbures et certains hydrochlorofluorocarbure publié dans la Gazette du Canada, Partie 1, vol. 132, nº 25, p. de 1385 à 1387. Données non publiées. Préparé par la Direction de l'évaluation des produits chimiques pour la Division des gaz à effet de serre.

Environment Canada (EC). 1999. Données de 1998 sur les HFC recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1988)*, paragraphe 16 : Conformément à l'Avis concernant certains hydrocarbures publié dans la Gazette du Canada, Partie 1, vol. 133, nº 20, p. de 1340 à 1341. Données non publiées. Préparé par la Direction de l'évaluation des produits chimiques pour la Division des gaz à effet de serre.

Environment Canada (EC). 2001. Données de 1999 à 2000 sur les HFC recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, en vertu de l'article 71 : Conformément à l'Avis concernant certains hydrocarbures publié dans la *Gazette du Canada*, Partie 1, vol. 135, nº 11, p. de 870 à 876. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Section de l'utilisation des produits et de l'application des contrôles pour la Division des gaz à effet de serre.

Environment Canada (EC). 2005. Données de 2004 sur les HFC recueillies en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), en vertu de l'article 71 : Conformément à l'Avis concernant certains hydrocarbures publié dans la Gazette du Canada, Partie 1, vol. 139, nº 16, p. de 1170–1184. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Section de l'utilisation des produits et de l'application des contrôles pour la Division des gaz à effet de serre.

Environment Canada (EC). 2011. Données de 2005 à 2010 sur les HFC recueillies à l'aide de sondages internes à déclaration volontaire. Division des inventaires et rapports sur les polluants. Données non publiées, confidentielles.

Environmental Health Strategies Inc. (EHS). 2013. *Report on emission factors for HFCs in Canada*. Rapport non publié. Environmental Health Strategies Inc., Toronto (Ontario). Préparé pour Environnement Canada.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2015a. Données de 2008 à 2012 sur les HFC recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, en vertu de l'article 71: Conformément à l'Avis concernant les hydrofluorocarbures publié dans la *Gazette Canada* Partie 1, vol. 148, nº 16, p. de 92 à 930. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Division de la mobilisation et du développement de programmes pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2015b. *Review of country-specific HFCs emission estimations in the refrigeration and air conditioning sectors.* Rapport non publié. Ottawa (Ontario).

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2016a. Données de 2013 à 2014 sur les de HFC recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, en vertu de l'article 71: conformément à l'Avis concernant les hydrocarbures en vrac, publié dans la *Gazette du Canada*, Partie 1, vol. 150, nº 1, p. 7 à 13. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Division de la mobilisation et du développement de programmes pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2016b. Données de 2015 sur les HFC recueillies conformément à l'Avis concernant les hydrocarbures en vrac , publié dans la *Gazette du Canada,* Partie 1, vol. 150, nº 24, p. 1816–1823, en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999).* Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Division de la mobilisation et du développement de programmes pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2017. Tableau 1: Installations du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite en vertu de du paragraphe 56(1) de la *Loi sur la protection de l'environnement du Canada (1999): Avis obligeant l'élaboration et l'exécution de plans de prévention de la pollution à l'égard de certaines substances toxiques rejetées par le secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite. Gazette du Canada,* Partie I, vol. 150, no. 22. Disponible en ligne : http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2017/2017-05-06/html/sup2-fra.html.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2023. Données de 2017 à 2022 sur les importations et les exportations de HFC en vrac recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* et du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* publié dans la *Gazette du Canada*, Partie II, vol. 150, nº 13, p. 1613–1678. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Section de la protection de la couche d'ozone et des contrôles à l'exportation de la Division de la production des produits chimiques pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2024. Données de 2023 sur les importations et les exportations de HFC en vrac recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* et du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* publié dans la *Gazette du Canada*, Partie II, vol. 150, nº 13, p. 1613–1678. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Section de la protection de la couche d'ozone et des contrôles à l'exportation de la Division de la production des produits chimiques pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2025a. Données de 2024 sur les importations et les exportations de HFC en vrac recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* et du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* publié dans la *Gazette du Canada*, Partie II, vol. 150, nº 13, p de 1613 à 1678. Données non publiées, confidentielles. Préparé par la Section de la protection de la couche d'ozone et des contrôles à l'exportation de la Division de la production des produits chimiques pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2025b. Données sur les variables indirectes de l'économie, des ménages et de la population. Données non publiées. Préparé à l'interne par la Division d'analyse et modélisation pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2025c. Données sur la consommation d'énergie dans le secteur des transports. Données non publiées. Préparé à l'interne au sein de la Division des inventaires et rapports sur les polluants par le secteur du Transport et de l'Industrie.

McCann TJ. 2000. *1998 fossil fuel and derivative factors*. Rapport non publié. Préparé par TJ McCann and Associates pour Environnement Canada.

Statistique Canada. Sans date. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada.* Nº 57-003-XIB au catalogue. [Date de modification : 2025-11-13]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X.

Annexe 3.4, Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Sans date (a). *Rapport des poids moyens de carcasses chaudes* [consulté le 26 octobre 2021]. Disponible en ligne : https://agriculture.canada.ca/fr/systeme-information-marches/rp/index-fra.cfm?action=pR&r=635&pdctc=.

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Sans date (b). Information sur le marché des viandes rouges [consulté le 31 octobre 2018]. Disponible en ligne : https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges.

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2018. *Facteurs de conversion pour le marché des viandes rouges*. Disponible en ligne : https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges/abattages-poids-carcasses/facteurs-conversion.

AAFRD. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2001. Alberta Cow–Calf Audit, 1997/1998 Production indicators and management practices over the last 10 years. Edmonton (AB).

AAFRD et Université de l'Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development and University of Alberta. 2003. Development of a farm-level greenhouse gas assessment: Identification of knowledge gaps and development of a science plan [consulté le 4 décembre 2015].

AARI, projet nº 2001J204. Disponible en ligne : http://www1.agric.gov.ab.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/cl9706/$FILE/ghgreport.pdf (en anglais seulement).

Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba. 2000. *Manitoba cattle on feed 1999/2000*. Market Analysis and Statistics Section, Program and Policy Analysis Branch, Manitoba Agriculture and Food.

AECOM. AECOM Canada Ltd. 2009. City of Toronto biosolids master plan update. Brampton, Ontario.

AEE. Agence européenne pour l'environnement. 2019. EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook 2019. Rapport technique nº 13/2019. Copenhague (Danemark) : Agence européenne pour l'environnement. Disponible en ligne : https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019 (en anglais seulement).

Appuhamy, J.A.D.R.N., J. France et E. Kebreab. 2016. Models for predicting enteric methane emissions from dairy cows in North America, Europe, and Australia and New Zealand. *Global Change Biology, 22*(9): 3039–3056.

Arrouays, D., N. Saby, C. Walter, B. Lemercier et C. Schvartz. 2006. Relationships between particle-size distribution and organic carbon in French arable topsoils. *Soil Use Management, 22*: 48–51.

Baral, K.R., S. Jayasundara, S. Brown et C. Wagner-Riddle. 2022. Long-term variability in N_2O emissions and emission factors from corn and soybeans induced by weather and management. Science of the Total Environment, 815.

Beauchemin, K.A., et S.M. McGinn. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science, 83*: 653–661.

Beauchemin, K.A., et S.M. McGinn. 2006. Enteric methane emissions from growing beef cattle as affected by diet and level of intake. *Canadian Journal of Animal Science, 86*(3): 401–408.

Beauchemin, K.A., S.M. McGinn, C. Benchaar et L. Holtshausen. 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science, 92*: 2118–2127.

Boadi, D.A., et K.M. Wittenberg. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF_6) tracer gas technique. *Canadian Journal of Animal Science, 82*: 201–206.

Boadi, D.A., K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2002. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF_6) tracer gas technique. *Canadian Journal of Animal Science, 82*: 151–157.

Boadi, D.A., K.H. Ominski, D.L. Fulawka et K.M. Wittenberg. 2004a. Improving estimates of methane emissions associated with enteric fermentation of cattle in Canada by adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tier-2 methodology, rapport final. Présenté par le Département de zootechnie, Université du Manitoba, à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada. Winnipeg (MB) : Université du Manitoba.

Boadi, D.A., K.M. Wittenberg, S.L. Scott, D. Burton, K. Buckley, J.A. Small et K.H. Ominski. 2004b. Effect of low and high forage diet on enteric and manure pack greenhouse gas emissions from a feedlot. *Canadian Journal of Animal Science, 84*: 445–453.

Bouwman, A.F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 46*: 53–70.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans et N.H. Batjes. 2002a. Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available data. *Global Biogeochemical Cycles, 16*: 6-1–6-13.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans et N.H. Batjes. 2002b. Estimation of global NH_3 volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grassland. *Global Biogeochemical Cycles, 16*: 8.10–8.15.

BPR-Infrastructure inc. 2008. Suivi 2007 du Portrait agroenvironnemental des fermes du Québec [consulté le 4 décembre 2015]. Présenté à : ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Union des producteurs agricoles et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Publications/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7B3fcc5e09-ea9f-4cfa-a4db-91beff2a993b%7D.

Canfax Research Services. 2009. Trends, Cycles and Seasonality in the Cattle Industry. Canadian Cattlemen's Association. Calgary (Alberta). 36 p.

CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2010. Un examen de l'actuel cadre législatif des biosolides municipaux au Canada. Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). PN 1447. ISBN 978-1896997-96-4 PDF. 73 p.

Chadwick, D.R., R.W. Sneath, V.R. Phillips et B.F. Pain. 1999. A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. Atmospheric Environment, 33: 3345–3354.

Chai, L., R. Kröbel, D. MacDonald, S. Bittman, K.A. Beauchemin, H.H. Janzen, S.M McGinn et A. Vanderzaag. 2016. An ecoregion-specific ammonia emissions inventory of Ontario dairy farming: Mitigation potential of diet and manure management practices. Atmospheric Environment, 126: 1–14.

Chang, C., et H.H. Janzen. 1996. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. Journal of Environmental Quality, 25: 785–790.

Chaves, A.V., L.C. Thompson, A.D. Iwaasa, S.L. Scott, M.E. Olson, C. Benchaar, D.M. Veira et T.A. McAllister. 2006. Effect of pasture type (alfalfa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifers. Canadian Journal of Animal Science, 86(3): 409–418.

Cheminfo Services Inc. 2017. Étude sur les pratiques typiques de gestion et d'élimination des boues d'épuration au Canada et sur les répercussions de ces pratiques sur les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux. Rapport interne. Gatineau (Québec) : Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Christensen, D.A., G. Steacy et W.L. Crowe. 1977. Nutritive value of whole crop cereal silages. Canadian Journal of Animal Science, 57: 803–805.

Coote, D.R., B.C. Liang et E.C. Huffman. 2008. Crop residue burning in Canada. Gatineau (Québec) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Corre, M.D., C. Van Kessel et D.J. Pennock. 1996. Landscape and seasonal patterns of nitrous oxide emissions in a semiarid region. Soil Science Society of America Journal, 60: 1806–1815.

Corre, M.D., D.J. Pennock, C. Van Kessel et D.K. Elliott. 1999. Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional Grassland–Forest region in Saskatchewan, Canada. Biogeochemistry, 44: 29–49.

Crystal Ball® [DVD]. 2000. Denver (Colorado) : Decisioneering Inc. [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : http://www.crystalball.com (en anglais seulement).

da Sylva, A.P., et B.D. Kay. 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. Soil Science Society of American Journal, 61: 877–883.

Dad, K, A.K. Wahid, A.A. Khan, A. Anwar, M. Ali, N. Sarwar, S. Ali, A. Ahmad, M. Ahmad, K.A. Khan et al. 2018. Nutritional status of different biosolids and their impact on various growth parameters of wheat (Triticum aestivum L.). Saudi Journal of Biological Sciences, 26: 1423–1428.

Desjardins R.L., D.E. Worth, E. Pattey, A. VanderZaag, R. Srinnivasan, D. Worthy, C. Sweeney et S. Metzger. 2018. The challenge of reconciling bottom-up agricultural methane emissions inventories with top-down measurements. Agricultural and Forest Meteorology , 248: 48–59.

Dobbie, K.E., I.P. McTaggart et K.P. Smith. 1999. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: Variations between crops and seasons, key driving variables and mean emission factors. Journal of Geophysical Research, 104: 26891–26899.

EDI. Environmental Dynamics Inc. 2017. Beneficial Reuse of Biosolids Jurisdictional Review: Final report [consulté le 25 mai 2019]. Rapport inédit. Victoria (BC) : Environmental Dynamics Inc. Préparé pour le District régional de la capitale..

Ellis, J.L., E. Kebreab, N.E. Odongo, B.W. McBride, E.K. Okine et J. France. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. Journal of Dairy Science, 90: 3456–3467.

Ellis, J.L., E. Kebreab, N.E. Odongo, K. Beauchemin, S. McGinn, J.D. Nkrumah, S.S. Moore, R. Christopherson, G.K. Murdoch, B.W. McBride et al. 2009. Modeling methane production from beef cattle using linear and nonlinear approaches. Journal of Animal Science, 87: 1334–1345.

Ellis, J.L., A. Bannink, J. France, E. Kebreab et J. Dijkstra. 2010. Evaluation of enteric methane prediction equations for dairy cows used in whole farm models. Global Change Biology, 16: 3246–3256.

Environnement Canada. 2002. Normales climatiques canadiennes – précipitations [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/index_f.html.

Escobar-Bahamondes, P., M. Oba, R. Kröbel, T.A. McAllister, D. MacDonald et K.A. Beauchemin. 2017. Estimating enteric methane production for beef cattle using empirical prediction models compared with IPCC Tier 2 methodology. Canadian Journal of Animal Science, 97: 599–612.

Eugène, M., D. Massé, J. Chiquette et C. Benchaar. 2008. Meta-analysis on the effects of lipid supplementation on methane production in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science, 88*: 331–334.

Ewen K, C.Y. Hung, M. Sheppard, H. Balde, D. Worth, B. Coleman, WN Smith, D. MacDonald et A.C. Vanderzaag. 2025. Manure storage practices in Canada: farm survey analysis with implications for GHG Emissions. *Canadian Journal of Animal Science, 105*: 1–13.

Farm & Food Care Ontario. 2013. *Facts & Figures About Canadian Dairy Cows, Farm Food Care Ontario.*

Flynn, H.C., J.O. Smith, K.A. Smith, J. Wright, P. Smith et J. Massheder. 2005. Climate- and crop-responsive emission factors significantly alter estimates of current and future nitrous oxide emissions from fertilizer use. *Global Change Biology, 11*: 1522–1536.

Freibauer, A. 2003. Regionalized inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *European Journal of Agronomy, 19*: 135–160.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Programme GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Programme d'inventaires nationaux de gaz à effet de serre du GIEC . Eggleston HS, L. Buendia,K. Miwa, T. Ngara et K. Tanabe (éd.). Japan: Institute for Global Environmental Strategies. . Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. Calvo Buendia E., K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A .Osako, Y. Pyrozhenko et P. Shermanau et S. Federici (éd.). Confédération suisse : IPCC. Disponible en ligne : https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/ (en anglais seulement).

Godbout, S., M. Verma, J.P. Larouche, L. Potvin, A.M. Chapman, S.P. Lemay, F. Pelletier et S.K. Brar. 2010. Methane production potential (B0) of swine and cattle manures - A Canadian perspective. *Environmental Technology, 31*: 1371–1379.

Goss, M.J., et D. Goorahoo. 1995. Nitrate contamination of groundwater: measurement and prediction. *Fertilizer Research, 42*: 331–338.

GPS-X 5.0 [simulateur à usage général — paramètres par défaut]. 2007. Hydromantis Ltd.

Grant, R., et E. Pattey. 1999. Mathematical modeling of nitrous oxide emissions from an agricultural field during spring thaw. *Global Biogeochemical Cycles, 13*: 679–694.

Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. VandenBygaart et D.A. Angers. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in eastern Canada. *Soil & Tillage Research, 76*: 1–20.

Hao, X., C. Chang, J.M. Carefoot, H.H. Janzen et B.H. Ellert. 2001a. Nitrous oxide emissions from an irrigated soil as affected by fertilizer and straw management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60*: 1–8.

Hao, X., C. Chang, F.J. Larney et G.R. Travis. 2001b. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality, 30*: 376–386.

Hao, X. 2007. Nitrate accumulation and greenhouse gas emissions during compost storage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 78*: 189–195.

Hao, X., S. Xu, T.A. McAllister et F.J. Larney. 2008. Antibiotics in cattle diet affect greenhouse gas emissions from manure composting. *Australian Journal of Experimental Agriculture, 48*: 342–355.

Hao, X., K. Stanford, T.A. McAllister, F.J. Larney et S. Xu. 2009. Greenhouse gas emissions and final compost properties from co-composting bovine specified risk material and mortalities with manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 83*: 289–299.

Hao, X., M. Benke, F.J. Larney et T.A. McAllister. 2010a. Greenhouse gas emissions when composting manure from cattle fed wheat dried distillers' grains with solubles. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 89*: 105–114.

Hao, X., S. Xu, F.J. Larney, K. Stanford, A.J. Cessna et T.A. McAllister. 2010b. Inclusion of antibiotics in feed alters greenhouse gas emissions from feedlot manure during composting. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 89*: 257–267.

Hénault, C., X. Devis, S. Page, E. Justes, R. Reau et J.-C. Germon. 1998. Nitrous oxide emissions under different soil and land management conditions. *Biology and Fertility of Soils, 26*: 199–207.

Hung CY, A.C. VanderZaag, W. Smith et B. Grant. 2022. Evaluating the 2019 IPCC Refinement for estimating methane conversion factors in Canada. *Science of the Total Environment, 835*: 155325.

Hutchings, N.J., S.G. Sommer, J.M. Andersen et W.A.H. Asman. 2001. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment, 35*: 1959–1968.

Hybrid. 2001. Hybrid converter . Disponible en ligne : https://www.hybridturkeys.com/en/product/hybrid-converter/ (en anglais seulement).

Izaurralde, R.C., R.L. Lemke, T.W. Goddard, B. McConkey et Z. Zhang. 2004. Nitrous oxide emissions from agricultural toposequences in Alberta and Saskatchewan. *Soil Science Society of America Journal, 68*: 1285–1294.

Jambert, C., R. Delmas, D. Serça, L. Thouron, L. Labroue et L. Delprat. 1997. N_2O and CH_4 emissions from fertilized agricultural soils in southwest France. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 48*: 105–114.

Janzen, H.H., K.A. Beauchemin, Y. Bruinsma, C.A. Campbell, R.L. Desjardins, B.H. Ellert et E.G. Smith. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 67*: 85–102.

Jayasundara S., J.A.D. Ranga Niroshan Appuhamy, E. Kebreab et C. Wagner-Riddle. 2016. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian dairy farms and mitigation options: An updated review. *Canadian Journal of Animal Science, 96*(3): 306–331.

Kaharabata, S.K., P.H. Schuepp et R.L. Desjardins. 1998. Methane emissions from above ground open manure slurry tanks. *Global Biogeochemical Cycles, 12*: 545–554.

Karimi-Zindashty, Y., J.D. Macdonald, R.L. Desjardins, D. Worth, J.J. Hutchinson et X.P.C. Vergé. 2012. Sources of uncertainty in the IPCC Tier 2 Canadian livestock model. *The Journal of Agricultural Science, 150*(5): 556–569.

Karimi-Zindashty, Y., J.D. Macdonald J.D., R.L. Desjardins, D. Worth et B.C. Liang. 2014. Determining the uncertainty in agricultural nitrous oxide emissions for Canada. Rapport interne. Gatineau (Québec) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle et J. France. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. *Canadian Journal of Animal Science, 86*: 135–158.

Kononoff, P.J., A.F. Mustafa, D.A. Christensen et J.J. McKinnon. 2000. Effects of barley silage particle length and effective fiber on yield and composition of milk from dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science, 80*: 749–752.

Kopp, J.C, K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2004. Management strategies to improve cow-calf productivity on meadow bromegrass pastures. *Canadian Journal of Animal Science, 84*(3): 529-535.

Koroluk, R., et L. Bourque. 2003. L'entreposage des fumiers au Canada. Statistique Canada [consulté en mai 2010]. N° 21-021-MIF2003001 au catalogue, vol. 1, n° 1. Disponible en ligne : http://publications.gc.ca/Collection/Statcan/21-021-M/21-021-MIF2003001.pdf.

Lacasse A.A., C.Y. Hung, W.N Smith., S. Yanni, C. Liang, D. MacDonald et A. VanderZaag. 2025. Review of research on methane and nitrous oxide emissions from manure storage across Canada from 1990 to 2023. Canadian Journal of Animal Science, sous presse.

Lactanet. 2022. Statistics from milk recording data (base de données) [consulté le 27 septembre 2022]. Base de données Vision 2000.

Laguë, C., É. Gaudet, J. Agnew et T.A. Fonstad. 2005. Greenhouse gas emissions from liquid swine manure storage facilities in Saskatchewan. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 48*: 2289–2296.

Lemke, R.L, R.C. Izaurralde, M. Nyborg et E.D. Solberg. 1999. Tillage and N-source influence soil-emitted nitrous oxide in the Alberta Parkland Region. *Canadian Journal of Soil Science, 79*: 15–24.

Lemke, R.L., V. Baron, A. Iwaasa, R. Farrell et J. Schoenau. 2012. Quantifying nitrous oxide emissions resulting from animal manure on pasture, range and paddock by grazing cattle in Canada. Rapport final. Saskatoon (SK) : Agriculture et Agroalimentaire Canada. Préparé pour Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre.

Lemke, R.L., P. Machado, A.W. Alemu, V.S. Baron, R.E. Farrell, A.D. Iwaasa, B.C. Liang et J.J. Schoenau. 2023. Pastures under dry climate can be cold spots for soil nitrous oxide emissions from grazing animal excreta. *Agriculture, Ecosystems and Environment 357*, 108684.

Liang, B.C. 2014. Estimating ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer application in Canada. Gatineau (QC) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. Cultivated organic soils in Canada. Rapport inédit. Gatineau (QC) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Liang, C., D. MacDonald, A. Thiagarajan, C. Flemming, D. Cerkowniak et R. Desjardins. 2020. Developing a country specific method for estimating nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 117*:145-67.

Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany et G.E. Schuman. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada. *Soil & Tillage Research, 83*: 25–52.

MacDonald, J.D., et B.C. Liang. 2011. Analysis of Canadian quantification methodologies of greenhouse gas emissions from livestock: IPCC Tier 2 quality control documentation 2011 submission. Rapport interne présenté à Dominique Blain. Gatineau (QC) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

MacMillan, R.A., et W.W. Pettapiece. 2000. Alberta landforms: Quantitative morphometric descriptions and classification of typical Alberta landforms. Swift Current (SK) : Centre de recherches sur l'agriculture des Prairies semi-arides, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Bulletin technique n° 2000-2E.

Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2004. Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Animal Waste Management Systems in Canada by Adopting an IPCC tier-2 Methodology. Rapport final. Guelph (ON) : Département des ressources terrestres, Université de Guelph. Préparé pour Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre.

Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2005. Determining Manure Management Practices for Major Domestic Animals in Canada. Rapport final. Guelph (ON) : Département des ressources terrestres, Université de Guelph. Préparé pour Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre.

Massé, D.I., F. Croteau, N.K. Patni et L. Masse. 2003. Methane emissions from dairy cow and swine manure slurries stored at 10°C and 15°C. *Canadian Biosystems Engineering/Le génie des biosystèmes au Canada, 45*: 6.1–6.6.

Massé, D.I., L. Masse, S. Claveau, C. Benchaar et O. Thomas. 2008. Methane emissions from manure storages. *Transactions of the ASABE, 51*: 1775–1781.

McCaughey, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1997. Methane production by steers on pasture. *Canadian Journal of Animal Science, 77*: 519–524.

McCaughey, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science, 79*: 221–226.

McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates et D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science, 82*: 3346–3356.

McGinn, S.M., D. Chen, Z. Loh, J. Hill, K.A. Beauchemin et O.T. Denmead. 2008. Methane emissions from feedlot cattle in Australia and Canada. *Australian Journal of Experimental Agriculture, 48*: 183–185.

McGinn, S.M., Y.H. Chung, K.A. Beauchemin, A.D. Iwaasa et C. Grainger. 2009. Use of corn distillers' dried grains to reduce enteric methane loss from beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science, 89*: 409–413.

Milne, A.E., M.J. Glendining, P. Bellamy, T. Misselbrook, S. Gilhespy, M. Rivas Casado, A. Hulin, M. van Oijen et A.P. Whitmore. 2014. Analysis of uncertainties in the estimates of nitrous oxide and methane emissions in the UK's greenhouse gas inventory for agriculture. *Atmospheric Environment, 82*: 94–105.

Minasny, B., A.B. McBratney et K.L. Bristow. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water-retention curves. *Geoderma, 93*: 225–253.

Monni, S., P. Perälä et K. Regina. 2007. Uncertainty in agricultural CH_4 and N_2O emissions from Finland - Possibilities to increase accuracy in emission estimates. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12: 545–571.

NRC. United States National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Goats. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.

NRC. United States National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.

NRC. United States National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Horses. 5th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.

NRC. United States National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.

NRC. United States National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.

Nyborg, M., E.D. Solberg, R.C. Izaurralde, S.S. Malhi et M. Molina-Ayala. 1995. Influence of long-term tillage, straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance. *Soil & Tillage Research, 36*: 165–174.

Odongo, N.E., R. Bagg, G. Vessie, P. Dick, M.M. Or-Rashid, S.E. Hook, J.T. Gray, E. Kebreab, J. France et B.W. McBride. 2007. Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science, 90*: 1781–1788.

Okine, E.K., et G.W. Mathison. 1991. Effects of feed intake on particle distribution, passage of digesta, and extent of digestion in the gastrointestinal tract of cattle. *Journal of Animal Science, 69*: 3435–3445.

Ominski, K.H., D.A. Boadi et K.M. Wittenberg. 2006. Enteric methane emissions from backgrounded cattle consuming all-forage diets. *Canadian Journal of Animal Science, 86*: 393–400.

Park, K.H., A.G. Thompson, M. Marinier, K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2006. Greenhouse gas emissions from stored liquid swine manure in a cold climate. *Atmospheric Environment, 40*: 618–627.

Park, K.H., C. Wagner-Riddle et R.J. Gordon. 2010. Comparing methane fluxes from stored liquid manure using micrometeorological mass balance and floating chamber methods. *Agricultural and Forest Meteorology, 150*: 175–181.

Pattey, E., M.K. Trzcinski et R.L. Desjardins. 2005. Quantifying the reduction of greenhouse gas emissions as a result of composting dairy and beef cattle manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 72*: 173–187.

Paul, J.W., et B.J. Zebarth. 1997. Denitrification and nitrate leaching during the fall and winter following dairy cattle slurry application. *Canadian Journal of Soil Science, 77*: 231–240.

Pelster, D.E., A. Thiagarajan, C. Liang, M.H. Chantigny, C. Wagner-Riddle, K. Congreves, R. Lemke, A. Glenn, M. Tenuta, G. Hernandez-Ramirez et S. Bittman. 2023. Ratio of non-growing season to growing season N_2O emissions in Canadian croplands: an update to national inventory methodology. *Canadian Journal of Soil Science, 103*: 344-52.

Pennock, D.J., et M.D. Corre. 2001. Development and application of landform segmentation procedures. *Soil & Tillage Research, 58*: 151–162.

Petit, H.V., R.J. Dewhurst, J.G. Proulx, M. Khalid, W. Haresign et H. Twagiramungu. 2001. Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. *Canadian Journal of Animal Science, 81*: 263–271.

Ressources naturelles Canada. 2008. Annuaire des minéraux du Canada, Aperçu et perspectives, rapports annuels (consulté le 31 octobre 2020). Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2010/nrcan/M38-5-57-fra.pdf.

Rochette, P., M.H. Chantigny, N. Ziadi, D.A. Angers, G. Bélanger, E. Charbonneau, D. Pellerin, B.C. Liang, et N. Bertrand. 2014. Soil nitrous oxide emissions after deposition of dairy cow excreta in eastern Canada. Journal of Environmental Quality, 43: 829–841.

Rochette, P., C. Liang, D. Pelster, O. Bergeron, R. Lemke, R. Kroebel, D. MacDonald, W. Yan et C. Flemming. 2018. *Soil nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada: Exploring relationships with soil, crop and climatic variables.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 15;254:69-81.Rochette, P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle et R.L. Desjardins. 2008. Estimation of N_2O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology. Canadian Journal of Soil Science, 88: 641–654.

Rotz, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science, 82*(Suppl.): E119–E137.

Rypdal, K., et W. Winiwarter. 2001. Uncertainties in greenhouse gas emission inventories - Evaluation, comparability and implications. *Environmental Science and Policy, 4*: 107–116.

Sheppard, S.C., S. Bittman et J. Tait. 2009. Émissions mensuelles de NH_3 par les exploitations avicoles dans 12 écorégions du Canada. *Revue canadienne de science animale, 89*: 21–35.

Sheppard, S.C., S. Bittman, et T.W. Bruulsema. 2010a. Monthly ammonia emissions from fertilizers in 12 Canadian ecoregions. Émissions mensuelles d'ammoniac par les engrais dans 12 écorégions du Canada. *Canadian Journal of Soil Science, 90*: 113–127.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2010b. Farm practices survey and modelling to estimate monthly NH_3 emissions from swine production in 12 Ecoregions of Canada / Étude et modélisation des pratiques d'élevage en vue d'estimer les émissions mensuelles de NH_3 résultant de la production porcine dans 12 écorégions du Canada. *Revue canadienne de science animale, 90*: 145–158.

Sheppard, S.C., et S. Bittman. 2011. Farm survey used to guide estimates of nitrogen intake and ammonia emissions for beef cattle, including early season grazing and piosphere effects. *Animal Feed Science and Technology, 166–167*: 688–698.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift, M. Beaulieu et M.I. Sheppard. 2011a. Ecoregion and farm size differences in dairy feed and manure nitrogen management: A survey. Canadian Journal of Animal Science, 91: 459–473.

Sheppard S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2011b. Modelling monthly NH_3 emissions from dairy in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science, 91*(4): 649–661.

Sheppard, S.C., et S. Bittman. 2012. Incidence des pratiques agricoles sur les émissions de NH_3 des bovins de boucherie. *Revue canadienne de science animale, 92*: 525–543.

Small, J.A., et W.P. McCaughey. 1999. Beef cattle management in Manitoba. Canadian Journal of Animal Science, 79: 539–544.

Sokolov V, D. Pelster, A. Khorsandi, B.C. Liang, H. Asgedom. 2026. Meta-Analysis: Effect of Improved Nitrogen Management Practices on Nitrous Oxide Emissions in Canadian Studies. Canadian Journal of Soil Science, sous presse.

Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 17-10-0135-01. Estimations de la population, 1er juillet, selon la région métropolitaine de recensement et l'agglomération de recensement, limites de 2016 [consulté le 30 mai 2019]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710013501&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 32-10-0126-010010. Porcs, moutons et agneaux, production dans les fermes et production de viande [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012601&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 32-10-0129-01. Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel (tête) [consulté le13 août 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (d). Tableau 32-10-0130-01 . Nombre de bovins, selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (tête) [consulté le 13 août 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210013001&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date (e). Tableau 32-10-0427-01 Stocks d'autres animaux sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2011 et 2016, inactif. Disponible en ligne : https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/24250ce8-019d-4a62-a9be-503741d0013f.

Statistique Canada. Sans date (f). Tableau 32-10-0290-01. Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimestre, trimestriel (tête) [consulté le 9 septembre 2017]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210029001&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (g). Tableau 32-10-0359-01. Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures [consulté le 17 septembre 2024]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210035901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (h). Tableau 32-10-0039-01. Expéditions d'engrais vers les marchés agricoles canadiens, selon la teneur en éléments fertilisants et la campagne de fertilisation, données cumulatives (x 1 000) [consulté le 10octobre 2024]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210003901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (i). Tableau 32-10-0038-01 . Expéditions d'engrais vers le marché agricole canadien et les marchés d'exportation, selon le type de produit et la campagne de fertilisation, données cumulatives (x 1 000) [consulté le 10 octobre 2024]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210003801&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (j). Tableau 32-10-0373-01. Stocks d'autres animaux sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021 [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210037301&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (k). Tableau 32-10-0374-01. Stocks de volailles sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021 [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210037401&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (l). Tableau 32-10-0155-01. Certaines types de bétail et volailles, données chronologiques du Recensement de l'agriculture [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210015501&request_locale=fr.

Statistique Canada. 1987. Recensement 1986, agriculture Canada, nº 96-102 au catalogue.

Statistique Canada. 1992. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1991, nº 93-350 au catalogue.

Statistique Canada. 1997. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1996, nº 93-356 au catalogue.

Statistique Canada. 2002. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 2001, nº 95F0301XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2007a. Recensement de l'agriculture de 2006 [consulté le 4 décembre 2015]. Nº 95-629 au catalogue. Disponible en ligne : http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm.

Statistique Canada. 2007b. Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture [consulté le 4 décembre 2015]. Nº 95-632 au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/95-632-x/2007000/4129763-fra.htm.

Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada, années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006. Nº 23-502-X au catalogue.

Statistique Canada. 2012a. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et des exploitants agricoles de 2011 (base de données) [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/95-640-x/95-640-x2011001-fra.htm.

Statistique Canada. 2016. Profil du recensement, Recensement de 2016 [consulté le 30 mai 2019]. Disponible en ligne : https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F.

Thiagarajan, A., C. Liang, J.D. MacDonald, W. Smith, A.J. VandenBygaart, B. Grant, R. Krobel, H. Janzen, T. Zhang, B. McConkey et B. Ma. 2022. Prospects and challenges in the use of models to estimate the influence of crop residue input on soil organic carbon in long-term experiments in Canada. *Geoderma Regional, 30*, p.e00534.

U.S. EPA.United States Environmental Protection Agency. 2004. *National Emission Inventory—Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations*. Rapport provisoire. 30 janvier 2004. Washington (DC) : U.S. Environmental Protection Agency.

VanderZaag, A.C., R.J. Gordon, R.C. Jamieson, D.L. Burton et G.W. Stratton. 2009. Gas emissions from straw covered liquid dairy manure during summer storage and autumn agitation. *Transactions of the ASABE, 52*: 599–608.

VanderZaag, A.C., R.J. Gordon, R.C. Jamieson, D.L. Burton et G.W. Stratton. 2010. Effects of winter storage conditions and subsequent agitation on gaseous emissions from liquid dairy manure. *Canadian Journal of Soil Science, 90*: 229–239.

VanderZaag A.C., J.D. MacDonald, L. Evans, X.P.C. Vergé et R.L. Desjardins. 2013. Towards an inventory of methane emissions from manure management that is responsive to changes on Canadian farms. *Environmental Research Letters, 8*(3).

VanderZaag A.C., H. Baldé, A. Crolla, R.J. Gordon, N.M. Ngwabie, C. Wagner-Riddle, R. Desjardins et J.D. MacDonald. 2018. Potential methane emission reductions for two manure treatment technologies. *Environmental Technology, 39*(7): 851–858.

Van Haarlem, R.P., R.L. Desjardins, Z. Gao, T.K. Flesch et X. Li. 2008. Methane and ammonia emissions from a beef feedlot in western Canada for a twelve-day period in the fall. *Canadian Journal of Animal Science, 88*: 641–649.

Ville d'Edmonton. 2012. Management of Biosolids – A Historical Perspective – Waste Management Services.

Wagner-Riddle, C., et G.W. Thurtell. 1998. Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52*: 151–163.

Wagner-Riddle, C., K.H. Park et G.W. Thurtell. 2006. A micrometeorological mass balance approach for greenhouse gas flux measurements from stored animal manure. *Agricultural and Forest Meteorology, 136*: 175–187.

Wagner-Riddle, C., A. Furon, N.L. McLaughlin, I. Lee, J. Barbeau, S. Jayasundara, G. Parkin, P. von Bertoldi et J. Warland. 2007. Intensive measurement of nitrous oxide emissions from a corn soybean wheat rotation under two contrasting management systems over 5 years. *Global Change Biology, 13*: 1722–1736.

Western Canadian Dairy Herd Improvement Services. 2002. 2002 herd improvement report. Edmonton (AB). 16 p.

Weston, R.H. 2002. Constraints on Feed Intake by Grazing Sheep. Dans : M. Freer et H. Dove (éd.) Sheep Nutrition. Collingwood (AU) : CSIRO Publishing.

Xu, S., X. Hao, K. Stanford, T. McAllister, F.J. Larney et J. Wang. 2007. Greenhouse gas emissions during co-composting of cattle mortalities with manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 78*: 177–187.

Yang, J.Y., R. De Jong, C.F. Drury, E. Huffman, V. Kirkwood et X.M. Yang. 2007. Development of a Canadian agricultural nitrogen model (CANB v2.0): simulation of the nitrogen indicators and integrated modeling for policy scenarios. Canadian *Journal of Soil Science, 87*: 153–165.

Yang J.Y., E.C. Huffman, C.F. Drury, X.M Yang et R. De Jong. 2011. Estimating the impact of manure nitrogen losses on total nitrogen application on agricultural land in Canada. *Canadian Journal of Soil Science, 91*(1): 107–122

Zebarth, B.J., B. Hii, H. Liebscher, K. Chipperfield, J.W. Paul, G. Grove et S.Y. Szeto. 1998. Agricultural land use practices and nitrate contamination in the Abbotsford aquifer, British Columbia, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 69*: 99–112.

Annexe 3.5, Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

[AAC] Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2021. Séries chronologiques d'utilisation des terres semi-décennales d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : https://open.canada.ca/data/fr/dataset/fa84a70f-03ad-4946-b0f8-a3b481dd5248.

[AER] Alberta Energy Regulator. 2025. *Oil Sands Development Requirements*. Disponible en ligne : https://www.aer.ca/applications-and-notices/application-processes/oil-sands-development-requirements (en anglais seulement).

Arbres Canada. 2018. *National Urban Forest Trends Report 2018*, rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Arbres Canada. 2019. *Urban Forest Biomass Fate Survey 2019*, rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Bailey, A.W., et B.C. Liang. 2013. *Burning of managed grasslands in Alberta, Saskatchewan and British Columbia.* Edmonton (AB) : Western Rangeland Consultants. Préparé pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada, Gatineau (QC).

Baron, V.S., E. Mapfumo, A.C. Dick, M.A. Neath, E.K. Okine et D.S. Chanasyk. 2002. Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow. *Journal of Range Management 55*(6):535–541.

Bartelink, H.H. 1998. A model of dry matter partitioning in trees. *Tree Physiology 18*(2):91–101.

Bauer I.E., M.A. Davies, K.A. Bona, O. Hararuk, C.H. Shaw, D.K. Thompson, W.A. Kurz, K.L. Webster, M. Garneau, J.W. McLaughlin. 2024. Peat profile database from peatlands in Canada. *Ecology, 105*: e4398.

Biederbeck, V.O., C.A. Campbell et R.P. Zentner. 1984. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of a loam in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science 64*:355–367.

Biondini M. E., et L. Manske 1996. Grazing frequency and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA. *Ecological Applications 6*(1):239–256.

Blondel A. et K. Tracey. 2018. *Table of estimated densities of wood used for residential heating - per reconciliation unit,* fichier non publié, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Bolinder, M.A. 2004. *Contribution aux connaissances de la dynamique du C dans les systèmes sol-plante de l'Est du Canada,* thèse de doctorat. Sainte-Foy (QC) : Université Laval.

Bolinder, M.A., H.H. Janzen, E.G. Gregorich, D.A. Angers, et A.J. VandenBygaart. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment 118*: 29-42.

Bona, K.A., A. Hilger, M. Burgess, N. Wozney, C. Shaw. 2018. A peatland productivity and decomposition parameter database. *Ecology, 99*(10) (en anglais seulement).

Bona K.A., C. Shaw, D.K. Thompson, O. Hararuk, K. Webster, G. Zhang, M. Voicu, W.A. Kurz. 2020. The Canadian model for peatlands (CaMP): A peatland carbon model for national greenhouse gas reporting. *Ecological Modelling, 431*: 109164.

Bona K.A., K.L. Webster, D.K. Thompson, O. Hararuk, G. Zhang, W.A. Kurz. 2024. Using the Canadian Model for Peatlands (CaMP) to examine greenhouse gas emissions and carbon sink strength in Canada's boreal and temperate peatlands. *Ecological Modelling, 490*: 110633.

Boudewyn P., M. Gillis, S. Magnussen et X. Song. 2007. *Model-based, volume-to-biomass conversion for forested and vegetated land in Canada*. Victoria (C.-B.) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique. Rapport d'information – BC-X-411.

Bremer E., H.H. Janzen et A.M. Johnston. 1994. Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. *Canadian Journal of Soil Science 74*:131–138.

Bruce J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil Water Conservation 54*:382–389.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, R.P. Dyck, F. Selles et D. Curtin. 1995. Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation, *Canadian Journal of Soil Science, 75*:449–458.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996a. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan, *Canadian Journal of Soil Science, 76*:395–401.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996b. Tillage and crop rotation effects on soil organic matter in a coarse-textured Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan, *Soil & Tillage Research, 37*:3–14.

Campbell, C.A., F. Selles, G.P. LaFond, B.G. McConkey et D. Hahn. 1998. Effect of crop management on C and N in long-term crop rotations after adopting no-tillage management: Comparison of soil sampling strategies, *Canadian Journal of Soil Science, 78*:155–162.

Campbell C.A., H.H. Janzen, K. Paustian, E.G. Gregorich, L. Sherrod, B.C. Liang et R.P. Zentner. 2005. Carbon storage in soils of the North American Great Plains: Effect of cropping frequency. *Agronomy Journal, 97*:349–363.

Campbell, C.A., R.P. Zentner, B.C. Liang, G. Roloff, E.G. Gregorich et B. Blomert. 2000. Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan—Effect of crop rotations and fertilizers, *Canadian Journal of Soil Science, 80*:179–192.

Canadian Facts. 1997. *Residential Fuelwood Combustion in Canada, Canadian Facts.* Toronto (ON) : CF Group Inc. Préparé aux fins de l'inventaire national des émissions et pour l'équipe de projet.

Carlson K.M., J.S. Gerber, N.D. Mueller, M. Herrero, G.K. MacDonald, K.A. Brauman, P. Havlik, C.S. O'Connell, J.A. Johnson, S. Saatchi, P.C. West. 2017. Greenhouse Gas Emissions Intensity of Global Croplands. *Nature Climate Change 7*: 63–68. https://doi.org/10.1038/nclimate3158 (en anglais seulement).

Carter, M.R., H.T. Kunelius, J.B. Sanderson, J. Kimpinski, H.W. Platt et M.A. Bolinder. 2003. Trends in productivity parameters and soil health under long-term two-year potato rotations, *Soil & Tillage Research (numéro spécial), 72*:153–168.

Cerkowniak, D. 2019. *National Inventory Report – 2020: Results, methodological changes and updates to LULUCF reporting for agriculture*. Saskatoon (SK) : Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Rapport présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Charette Pell Poscente (CPP) Environmental Corp. 2014. *Land management practices on peatlands in the Alberta Oil Sands Region.* Rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada par CPP Environmental Corp.

Chavardès R.D., V. Danneyrolles, J. Portier, M.P. Girardin, D.M. Gaboriau, S. Gauthier, I. Drobyshev, D. Cyr, T. Wallenius et Y. Bergeron. 2022. Converging and Diverging Burn Rates in North American Boreal Forests from the Little Ice Age to the Present. *International Journal of Wildland Fire 31*: 1184-1193.

Cleary J. 2003. *Greenhouse gas emissions from peat extraction in Canada: A life cycle perspective*. MSc thesis Montreal (QC): Université McGill. C2GCR Report No. 2003-1.

Cleary, J., N. Roulet et T. Moore. 2005. Greenhouse gas emissions from Canadian peat extraction, 1990–2000: A life-cycle analysis. *Ambio 34*:456–461.

Cofer, W., E.L. Winstead, B. J. Stocks, J. G. Goldammer et D. R. Cahoon, 1998. Crown fire emissions of CO_2, CO, H_2, CO4, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire. *Geophysical Research Letters 25*:3919–3922.

Dabros A., K.L. Higgins, J. Pinzon. 2021. Seismic line edge effects on plants, lichens and their environmental conditions in boreal peatlands of Northwest Alberta (Canada). *Restoration Ecology: 30*.

Dabros A., K. Higgins, K. Santala, I. Aubin. 2022. Plant functional trait approach to assess the persistence of seismic line footprint in boreal peatlands of Alberta, Canada. *Forest Ecology and Management, 503*: 119751.

Danneyrolles, V., D. Cyr, M.P. Girardin, S. Gauthier, H. Asselin, et Y. Bergeron. 2021. Influences of climate fluctuations on northeastern North America's burned areas largely outweigh those of European settlement since AD 1850. *Environmental Research Letters 16*: 114007.

Davies M.A., S.J. Davidson, P. J Deane, A. Filicetti, S. Ketcheson, P. Korsah, K. Kleinke, S.E. Nielsen, M.A. Schmidt, N. Tabassum, J.M. Waddington, L. Weiland, S. Wilkinson, M. Strack. 2025. A data compilation and synthesis of the impacts of seismic surveys on surface soil property es in boreal Alberta, Canada. *Canadian Journal of Forest Research, 55*:1–18.

Deemer B.R., J.A. Harrison, S. Li, J.J. Beaulieu, T. DelSontro, N. Barros, J.F. Bezerra-Neto, S.M. Powers, M.A. dos Santos, J.A. Vonk. 2016. Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. *BioScience, 66*(11) : 949–964.

Doyon, F., L. Parcerisas, J.-F. Senécal, R. Trégaro, R. Cordero, M. Mina. 2019. *Évaluation de l'effet de l'extraction de bois de chauffage résidentiel sur le bilan de carbone des forêts canadiennes*. Rrapport non publié, présenté à la Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Drever, C.R., S.C. Cook-Patton, F. Akhter, P.H. Badiou, G.L. Chmura, S.J. Davidson, et al. 2021. Natural climate solutions for Canada. *Science Advances, 7*(23): eabd6034.

Duchemin, É. 2002. Canadian Reservoir Database / Répertoire des réservoirs canadiens (fichier informatique), Environnement Canada et DREXenvironment (distributeur).

Duchemin, É. 2006. *Émissions de gaz provoquant l'effet de serre à partir des terres inondées au Canada.*Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Dyk A., D. Leckie, S. Tinis et S. Ortlepp. 2015. *Canada's National Deforestation Monitoring System: System Description.* Victoria (C.-B.) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique. Rapport d'information BC-X-439, 30 p.

Eichel, F. 2006. *Review of Environment Canada reservoir flooding dates on hydro reservoirs for NIR 2007,* Service canadien des forêts, 6 p.

Ellert, B., et J.R. Bettany. 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science, 75*:529–538.

[ECCC] Environment et Changement climatique Canada. 2017. *Rapport d'inventaire national 1990–2015 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/site/fra/9.506002/publication.html.

[ECCC] Environment et Changement climatique Canada. 2018. *Rapport d'inventaire national 1990–2016 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/site/fra/9.506002/publication.html.

Fan J., B.G. McConkey, H.H. Janzen, L. Townley-Smith, et H. Wang. 2017. Harvest index–yield relationship for estimating crop residue in cold continental climates. *Field Crop Research 204*: 153–157.

Fortin M., J.F. Lavoie. 2022. Reconciling individual-based forest growth models with landscape-level studies through a meta-modelling approach. *Canadian Journal of Forest Research 52*(8): 1140–53.

Gaboriau, D.M., C.C Remy, M.P. Girardin, H. Asselin, C. Hély, Y. Bergeron et A.A. Ali. 2020. Temperature and fuel availability control fire size/severity in the boreal forest of central Northwest Territories, Canada. *Quaternary Science Reviews 250*: 106697.

Garcia Bravo, T. 2015. Picea mariana (Mill.) *B.S.P plantation on cutover peatland in Alberta (Canada): Evaluating the effect of fertilization and resulting carbon stocks.* Thèse de maîtrise. Calgary (Alberta) : Université de Calgary,103 p.

Gillies, C. 2016. *A review of forestry management practices on peatlands in Canada*, rapport non publié, F_{PI}nnovations. 41 p.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*, GIEC, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 - Agriculture, foresterie et autres affectations des terres*, GIEC, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (eds). Hayama (Japan): Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2010. *Revisiting the use of managed land as a proxy for estimating national anthropogenic emissions and removals.* Eggleston, H.S., Srivastava, N., Tanabe, K., Baasansuren, J. (éditeurs). Rapport de réunion des experts du GIEC, du 5 au 7 mai 2009; INPE, São José dos Campos, Brésil. Hayama (Japon) : Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/0905_MLP_Report.pdf (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. Hiraishi T, Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. et Troxler, T.G. (éditeurs). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/ (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4, Agriculture, Forestry, and Other Land Use,* Chapter 5 – Cropland. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. et Federici, S. (éditeurs). Suisse : GIEC. [En anglais seulement, mais dans d'autres langues bientôt.]

González, E. L. Rochefort. 2014. Drivers of success in 53 cutover bogs restored by a moss layer transfer technique. *Ecological Engineering 68*:279–290.

Gouvernement de l'Alberta. 2025. *Alberta Environment and Parks. Alberta Merged Wetland Inventory data* [ensemble de données]. ArcGIS Hub. Disponible en ligne : https://www.arcgis.com/home/item.html?id=07b57a46133a40f88ccb8393e45c4683 (en anglais seulement).

Gouvernement du Québec, 2021. *Statistiques forestières.* Ministère des Forêts, Faune et Parcs Québec. Disponible en ligne : https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/publications-statistiques-industrie-forestiere/portrait-statistique

Guindon L., F. Manka, D.L. Correia, P. Villemaire, B. Smiley, P. Bernier, S. Gauthier, A. Beaudoin, J. Boucher, Y. Boulanger. 2024. A new approach for Spatializing the Canadian National Forest Inventory (SCANFI) using Landsat dense time series. *Canadian Journal of Forest Research, 54*(7): 793-815.

Hafer M., B. Hudson, M. Voicu, M. Magnan, G. Magnus, J. Metsaranta, W. Kurz. 2020. *NFCMARS Updates National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2021)*. Rapport non publié, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Hafer M, M. Fellows, K. Fisher, B. Hudson, M. Magnan, J. Metsaranta, S. Morken, E. Neilson, A. Nesdoly, W. Kurz. 2022. *NFCMARS Methodological Updates for the National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2023)*. Rapport non publié, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Hanes, C.C., X. Wang, P. Jain, M.-A. Parisien, J.M. Little, et M.D. Flannigan. 2019. Fire-regime changes in Canada over the last half century. *Canadian Journal of Forest Research 49*: 256-269.

Hararuk O., C. Shaw, W. Kurz. 2017. Constraining the organic matter decay parameters in the CBM-CFS3 using Canadian National Forest Inventory data and a Bayesian inversion technique. *Ecological Modelling, 364*: 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.09.008.

Harrison J.A., Y.T. Prairie, S. Mercier-Blais, C. Soued. 2021. Year-2020 global distribution and pathways of reservoir methane and carbon dioxide emissions according to the Greenhouse Gas from Reservoirs (G-res) model. *Global Biogeochemical Cycles, 35*(6) : e2020GB006888. https://doi.org/10.1029/2020GB006888.

Hayne, S., C. Jenkins et M. Garneau. 2014. *Off-Site GHG Emissions from Canadian Peat Products*. Rapport non publié. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Hermosilla, T., M. Wulder, J. White, N. Coops, G. Hobart, et L. Campbell. 2016. Mass data processing of time series Landsat imagery: pixels to data products for forest monitoring, *International Journal of Digital Earth*. http://dx.doi.org/10.1080/17538947.2016.1187673 (en anglais seulement).

Hillman, G. 1987. *Improving wetlands for forestry in Canada*. Edmonton (Alberta) : Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord. Rapport d'information NOR-X-288.

Holden, Z.A., A. Swanson, C.H. Luce, W.M. Jolly, M. Maneta, J.W. Oyler, D.A. Warren, R. Parsons, et D. Affleck. 2018. Decreasing fire season precipitation increased recent western US forest wildfire activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences 115*: E8349–E8357.

Huffman, T., D. Leckie, M. McGovern, M. Olesen, M. Green, D.A. Hill, T. Rounce, J. Churchill et J. Liu. 2015a. Integration of multiple spatial datasets in the development of a temporal series of high-accuracy, high-resolution land use maps. Compte rendu du 35e symposium EARSeL, 15 au 19 juin 2015, Stockholm, Suède. Disponible en ligne : http://www.earsel.org/symposia/2015-symposium-Stockholm/pdf/proceedings/Integration%20Huffman.pdf.

Huffman, T., J. Liu, M. McGovern, B. McConkey et T. Martin. 2015b. Carbon stock and change from woody biomass on Canada's cropland between 1990 and 2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment 205*:102–111.

[ABMI] Institut de surveillance de la biodiversité en Alberta. 2025. *Alberta Human Footprint Monitoring Program*. Inventaire de l'empreinte humaine amélioré (HFI) de l'ABMI pour la région des sables bitumineux de l'Alberta 2022. Base de données spatiales.

Janzen, H. H., C. A. Campbell, E. G. Gregorich et B. H. Ellert. 1997. *Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems,* dans : Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.) Soil processes and the carbon cycles CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, p. 57–80.

Janzen, H. H., C.A. Campbell, R.C. Izaurralde, B.H. Ellert, N. Juma, W.B. McGill et R.P. Zentner. 1998. Management effects on soil C storage in the Canadian prairies, *Soil & Tillage Research, 47*: 181-195.

Janzen, H.H., K.A. Beauchemin, Y. Bruinsma, C.A. Campbell, R.L. Desjardins, B.H. Ellert, et E.G. Smith. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystem 67*: 85–102.

Kasischke, E.S. et L.P. Bruhwiler. 2003. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fires in 1998. *Journal of Geophysical Research Atmospheres 108* (D1):8146.

Kelley, D.I., I. Bistinas, R. Whitley, C. Burton, T.R. Marthews et N. Dong. 2019. How contemporary bioclimatic and human controls change global fire regimes. *Nature Climate Change 9*: 690–6.

Kurz W.A., Apps M.J., Comeau P.G. et Trofymow T. 1996. *The Carbon Budget of British Columbia's Forests, 1920-1989: Preliminary Analysis and Recommendations for Refinements.* FRDA report, ISSN 0835-0752; no. 261. Disponible en ligne : https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/231047.

Kurz, W.A., M.J. Apps, T.M. Webb et P.J. McNamee. 1992. *The carbon budget of the Canadian forest sector: Phase 1.* Centre de foresterie du Nord, Forêts Canada, Edmonton (Alberta). Rapport d'information NOR-X-326.

Kurz W.A. et M.J. Apps. 1999. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian Forest Sector. *Ecological Applications 9*: 526-547.

Kurz W.A., C.C. Dymond, G. Stinson, G.J. Rampley, E.T. Neilson, A. L. Carroll, T. Ebata et L. Safranyik. 2008a. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature 452*:987–990.

Kurz W.A., G. Stinson, G.J. Rampley, C.C. Dymond, E.T. Neilson. 2008b. Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada's forests to the global carbon cycle highly uncertain. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*: 1551–1555.

Kurz, W.A., C.C. Dymond, T.M. White, G. Stinson, C.H. Shaw. G.J. Rampley, C. Smyth, B.N. Simpson, E.T. Neilson, J.A. Trofymow et al. 2009. CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological Modelling. 220*:480–504.

Kurz, W.A., C.H. Shaw, C. Boisvenue, G. Stinson, J. Metsaranta, D. Leckie, A. Dyk, C. Smyth et E.T. Neilson. 2013. Carbon in Canada's boreal forest – A synthesis. *Environmental Reviews, 21*:260–292.

Kurz, W.A., S. Hayne, M. Fellows, J.D. MacDonald, J.M. Metsaranta, M. Hafer et D. Blain. 2018. Quantifying the impacts of human activities on reported greenhouse gas emissions and removals in Canada's managed forest: conceptual framework and implementation. *Canadian Journal of Forest Research*. Disponible en ligne : http://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/cjfr-2018-0176 (en anglais seulement).

Kurz W.A., B. Hudson, E.T. Neilson, M. Fellows, M. Hafer, J.D. MacDonald. 2024. Revised historic harvest data improve estimates of the impacts of human activities on reported greenhouse gas emissions and removals in Canada's managed forest. *Canadian Journal of Forest Research 54*(11): 1376–1389.

Lapointe-E L. et D. Suthar. 2021. *Land Management Practices on Peatlands in the Alberta Oil Sands Region*. Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Document interne.

Lapointe-E, L. 2022. 2020-2021. *Delphi Consultation - Development of greenhouse gas estimates from Canada's Northern Land-Use Change.* Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Document interne.

Latifovic, R. 2019. Canada's land cover. version 2015, Natural Resources Canada, General Information Product, 119e. https://doi.org/10.4095/315659

Leckie, D.G., M.D. Gillis et M.A. Wulder. 2002. Deforestation estimation for Canada under the Kyoto Protocol: A design study. *Journal canadien de télédétection, 28*(5):672–678.

Leckie, D. 2006a. *Deforestation monitoring pilot project reports* v1.0. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-Q-004. 199 p.

Leckie, D. 2006b. *NIR 2006 Records of decision for Canada's national deforestation estimate 2006.* Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-N-011. 56 p.

Leckie, D., D. Paradine, W. Burt, D. Hartman et S. Tinis. 2006c. *NIR 2006 Deforestation Area Estimation for Canada: Methods Summary*. Victoria (Colombie-Britannique) : Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-Q-001, 13 p.

Leckie, D., A. Dyk, S. Ortlepp et S. Tinis. 2010a. *Records of decision for Canada's national deforestation estimate.* Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-N-029. 20 p.

Leckie, D., A. Dyk, D. Paradine, D. Tammadge et S. Tinis. 2010b. *Deforestation interpretation guide* (Version RIN 2011). Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-M-016. 85 p.

Leckie, D., D. Paradine, W. Kurz et S. Magnussen. 2015. Deforestation mapping sampling designs for Canadian landscapes. *Canadian Journal of Forestry Research 45*:1564–1576.

Leckie, D. 2011. *Deforestation area estimation uncertainty for Canada's national inventory report greenhouse gas sources and sinks 2011*. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-N-030. 12 p.

Li, Z., W.A. Kurz, M.J. Apps et S.J. Beukema. 2003. Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP, *Canadian Journal of Forest Research, 33*:126–136.

Liang BC, E.G. Gregorich, et A.F. MacKenzie. 1996. Modelling the effects of inorganic and organic amendments on organic matter in a Quebec soil. *Soil Science 161*: 109–114.

Liang BC, G. Padbury, et G. Patterson. 2004. *Cultivated organic soils in Canada*. Gatineau (QC) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Liang BC, C.A. Campbell, B.G. McConkey, B. Padbury, et P. Collas. 2005. An empirical model for estimating carbon sequestration on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Soil Science 85*: 549–556.

Liang BC, A.J. VandenBygaart, C. Cerkowniak, D.J. MacDonald, B.G. McConkey, R.L. Desjardins, et D.A. Angers. 2020a. Revisiting no no-till's impact on soil organic carbon storage in Canada. *Soil & Tillage Research 198*, 104529.

Liang BC, D.J. MacDonald, C. Thiagarajan, C. Flemming, D. Cerkowniak, et R. Desjardins. 2020b. Developing a country specific method for estimating nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada. *Nutrient Cycling in Agroecosystem 117*:145-167.

Liang BC, X.Y. Hao, J. Schoenau, B.L. Ma, T.Q. Zhang, J.D. MacDonald, M. Chantigny, M. Dyck, W.N. Smith, S.S. Malhi, A. Thiagarajan, J. Lafond, et D.A. Angers. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment 321*: 107619.

Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany et G.E. Schuman. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada, *Soil & Tillage Research, 83*(1):25–52.

Litton, C.M., M.G. Ryan, D.B. Tinker et D.H. Knight. 2003. Belowground and aboveground biomass in young postfire lodgepole pine forests of contrasting tree density, *Canadian Journal of Forest Research, 33*(2):351–363.

Liu J., T. Huffman, B. Qian, S. Jiali, L. Qingmou, D. Taifeng, A. Davidson et J. Qi. 2020. Crop Yield Estimation in the Canadian Prairies Using Terra/MODIS-Derived Crop Metrics. *IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, 2020 13*: 2685–2697.

Lovitt J, M.M. Rahman, S. Saraswati, G.J. McDermid, M. Strack, B. Xu. 2018. UAV Remote Sensing Can Reveal the Effects of Low-Impact Seismic Lines on Surface Morphology, Hydrology, and Methane (CH_4) Release in a Boreal Treed Bog. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 123*: 1117–1129.

Magnus, G.K, E. Celanowicz, M. Voicu, M. Hafer, J.M. Metsaranta, A. Dyk et W.A. Kurz. 2021. Growing our future: Assessing the outcome of afforestation programs in Ontario, Canada. *The Forestry Chronicle 97*(02): 179–190.

Magnuson, J.L., D.M. Robertson, B.J. Benson, R.H. Wynne, D.M. Livingstone, T. Arai, T.A. Assel, R.G. Barry, V. Card, E. Kuusisto, et al. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the northern hemisphere, *Science, 289*:1743–1746.

Mailvaganam, S. 2002. 2001 Ontario Grape Vine Survey, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. Disponible sur demande auprès de : stats.omafra@ontario.ca.

Marshall, I.B., P.H. Schut et M. Ballard. 1999. *Cadre écologique national pour le Canada : Données d'attribut,* Préparé par Environnement Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/1999report/index.html.

McConkey, B.G., B.C. Liang, C.A. Campbell, D. Curtin, A. Moulin, S.A. Brandt et Lafond. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. *Soil & Tillage Research, 74*:81–90.

McConkey, B., D. Angers, M. Bentham, M. Boehm, T. Brierley, D. Cerkowniak, B.C. Liang, P. Collas, H. de Gooijer, R. Desjardins et al. *CanAG-MARS methodology and greenhouse gas estimates for agricultural land in the LULUCF sector for NIR 2006*. Rapport présenté à la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

McConkey, B.G., B. VandenBygaart, J. Hutchinson, T. Huffman et T. Martin. 2007b. Martin 2007b. *Uncertainty analysis for carbon change—cropland remaining cropland*. Rapport présenté à Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

McCrae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich. 2000. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario), Canada, Publication 2022/E.

McGovern, M. 2014. *GHG spatial reporting structure for Canada's land use, land-use change and forestry sector – Reporting zones and reconciliation units,* Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

McGovern, M. et J. Pasher. 2016. Canadian urban tree canopy cover and carbon sequestration status and change 1990-2012. *Urban Forestry & Urban Greening 20*:227–232.

McGovern, M., J. Pasher et E. Laurin. 2016. *NORDIS: Digitization of human disturbance activity in Canada's North for 1990, 2000 and 2010.* Rapport de la Direction des sciences de la faune et du paysage. Ottawa (Ontario). Environnement et Changement climatique Canada.

McKenney, D. W., M. F. Hutchinson, J. L. Kestevan et L. A.Vernier. 2001. Canada's plant hardiness zones revisited using modern climate interpolation techniques. *Canadian Journal of Plant Science 81*:129–143.

McKenney D.W., M.F. Hutchinson, P. Papadopol, K. Lawrence, J. Pedlar, K. Campbell, E. Milewska, R.F. Hopkinson, D. Price et T. Owen. 2011. Customized spatial climate models for North America. B. *American Meteorological Society, 92*(12): 1611–1622.

MDA-Federal. 2004. Landsat Geocover 1990/TM edition mosaic. ETM-EarthSat-MrSID, 1.0, USGS, Sioux Falls, South Dakota.

Metsaranta, J., S. Morken et M. Hafer. 2014. *Uncertainty estimates: National forest GHG inventory reporting for the 2014 National Inventory Report.* Manuscrit non publié.

Metsaranta, J.M., C.H. Shaw, W.A. Kurz, C. Boisvenue et S. Morken. 2017. Uncertainty of inventory-based estimates of the carbon dynamics of Canada's managed forest (1990–2014). *Revue canadienne de recherche forestière 47*(8):1082–1094.

Metsaranta J, Magnan M, Xie S, Hafer M, Morken S. 2020. *Uncertainty estimates: National forest GHG inventory reporting (NIR 2021), including Harvested Wood Products*. Manuscrit non publié.Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 2007. State of the Forest Report. Toronto: Queen's Printer for Ontario. ISBN 978-1-4249-3105-7.

Mkhabela, M.S., P. Bullock, S. Raj, S. Wang et Y. Yang. 2011. Crop yield forecasting on the Canadian Prairies Using MODIS NDVI data. *Agriculture and Forest Meteorology 151*(3): 385-393.

Monreal C.M., R.P. Zentner, J.A. Robertson. 1997. An analysis of soil organic matter dynamics in relation to management, erosion and yield of wheat in long-term crop rotation plots. *Canadian Journal of Soil Science,77*(4): 553-63.

Monreal, C. M., R. P. Zentner et J. A. Robertson. 1997. An analysis of soil organic matter dynamics in relation to management, erosion and yield of wheat in long-term crop rotation plots, *Canadian Journal of Soil Science, 77*: 553–563.

Murphy P.J., Stevenson R.E., Quintilio D. et Ferdinand S. 2006. *The Alberta Forest Service, 1930-2005: Protection and Management of Alberta's Forests*. Alberta Sustainable Resource Development, Gouvernement de l'Alberta, Canada. The Alberta Forest Service 1930-2005 : protection and management of Alberta's forests.

Nendel, C., et K. C. Kersebaum. 2004. A simple model approach to simulate nitrogen dynamics in vineyard soils, *Ecological Modelling, 177*: 1–5.

Nowak, D.J., E.J. Greenfield, R.E. Hoehn et E. Lapoint. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution 178*:229–236.

Ogle, S.M., A. Swan et K. Paustian. 2012. No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration. Agriculture, *Ecosystems and Environment 149*: 37–49.

Parisien, M-A., C. Miller, S.A. Parks, E.R. DeLancey, F-N. Robinne M.D. Flannigan. 2016. The spatially varying influence of humans on fire probability in North America. *Environmental Research Letters 11*: 075005.

Parton, W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole et D.S. Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands, *Soil Science Society of America Journal, 51*: 1173–1179.

Parton, W.J., J.W.B. Stewart et C.V. Cole. 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model, *Biogeochemistry, 5*: 109–131.

Pasher, J., M. McGovern, M. Khoury, J. Duffe. 2014. Assessing carbon storage and sequestration by Canada's urban forest using high resolution earth observation data. *Urban Forestry & Urban Greening 13-3,* 484–494.

Paul, K.I., P.J. Polglase, J.G. Nyakuengama et P.K. Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation, *Forest Ecology and Management, 168*(1–3):241–257.

Pennock, D.J., et A.H. Frick. 2001. The role of field studies in landscape-scale applications of process models: an example of soil redistribution and soil organic carbon modelling using CENTURY, *Soil & Tillage Research, 58*(3/4):183–191.

Pontone N., K. Millard, D.K. Thompson, L. Guindon, A. Beaudoin. 2024. A hierarchical, multi-sensor framework for peatland sub-class and vegetation mapping throughout the Canadian boreal forest. *Remote sensing in Ecology and Conservation, 10*(4): 500-516.

Poorter H., K.J. Niklas, P.B. Reich, J. Oleksyn, P. Poot, L. Mommer. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytol*. 2012 Jan;193(1):30-50.

Poulin, M., L. Rochefort, F. Quinty et C. Lavoie. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. *Canadian Journal of Botany 83*:539–557.

Power, K., M. Gillis. 2006. Canada's Forest Inventory 2001. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Information Report BC-X-408. 128 p.

Prairie Y.T., J. Alm, A. Harby, S. Mercier-Blais, R. Nahas. 2017. *The GHG Reservoir Tool (G-res) User Guide. UNESCO/ IHA research project on the GHG status of freshwater reservoirs*. Disponible en ligne : https://www.grestool.org (en anglais seulement).

Prairie Y.T., S. Mercier-Blais, J.A. Harrison, C. Soued, P. del Giorgio, A. Harby, J. Alm, V. Chanudet, R. Nahas. 2021. A new modelling framework to assess biogenic GHG emissions from reservoirs: The G-res tool. *Environmental Modelling & Software, 143*: 105117.

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2025. Calcul préliminaire de la production minérale au Canada [par province]. 2024. Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : https://dsmm.nrcan-rncan.gc.ca/prod-prod/ann-ann-fra.aspx

Robinne, F.N., M.A. Parisien et M. Flannigan. 2016. Anthropogenic influence on wildfire activity in Alberta, Canada. *International Journal of Wildland Fire 25*(11): 1131-1143.

Rochefort, L., F. Quinty, S. Campeau, K. Johnson et T. Malterer. 2003. North American approach to the restoration of Sphagnum dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management 11*:3–20.

Rochefort L., M. Strack, R. Chimner. 2022. Évaluation régionale pour l'Amérique du Nord. Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for Action Towards Conservation, Restoration and Sustainable Management of Peatlands. Nairobi: Global Peatlands Initiative, Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Rooney R.C., S. Bayley, D.W. Schindler. 2012. Oil sands mining and reclamation cause massive loss of peatland and stored carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109*: 4933–4937.

Saarnio, S., M. Morero, N. Shurpali, E. Tuittila, M. Makila et J. Alm. 2007. Annual CO_2 and CH_4 fluxes of pristine boreal mires as a background for the lifecycle analyses of peat energy. *Boreal Environmental Research 12*(2):101–113.

Schuman, G. E., H. H. Janzen et J. E. Herrick. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands, *Environmental Pollution, 116*: 391–396.

Sharma, B, Moore, TR, Knorr, KH, Teickner, H, Douglas, PMJ, and Roulet, NT. 2024. Horticultural Additives Influence Peat Biogeochemistry and Increase Short-Term CO_2 Production from Peat. *Plant and Soil,* vol. 2024, pp. 1-15.

Shaw C.H., A.B. Hilger, J. Metsaranta, W.A. Kurz, G. Russo, F. Eichel, G. Stinson, C. Smyth, Filiatrault M. 2014. Evaluation of simulated estimates of forest ecosystem carbon stocks using ground plot data from Canada's National Forest Inventory. *Ecological Modelling, 272*: 323-347.

Smith, W. N., P. Rochette, C. Monreal, R.L. Desjardins, E. Pattey et A. Jaques. 1997. The rate of carbon change in agricultural soils in Canada at the landscape level, *Canadian Journal of Soil Science, 77*: 219–229.

Smith, W. N., R. L. Desjardins et E. Pattey. 2000. The net flux of carbon from agricultural soils in Canada 1970–2010. *Global Change Biology 6*(5):558–568.

Smith, W.N., R.L. Desjardins et B. Grant. 2001. Estimated changes in soil carbon associated with agricultural practices in Canada, *Canadian Journal of Soil Science, 81*: 221–227.

Smoliak, S. 1965. Effects of manure, straw and inorganic fertilizers on Northern Great Plains ranges, *Journal of Range Management, 18*: 11–14.

Soued C., J.A. Harrison, S. Mercier-Blais, Y.T. Prairie. 2022. Reservoir CO_2 and CH_4 emissions and their climate impact over the period 1900–2060. *Nature Geoscience, 15*: 700–705.

Statistique Canada. 1997. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=7737.

Statistique Canada. 2003. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=22916.

Statistique Canada 2007. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=44902.

Statistique Canada. 2010. *Présentation d'un nouveau concept et d'une nouvelle méthodologie de délimitation des zones habitées : un projet de recherche sur les zones habitées au Canada* [consulté le 4 novembre 2016]. Document technique. Disponible en ligne : http://www.statcan.gc.ca/pub/16-001-m/16-001-m2010011-fra.htm.

Statistique Canada. 2011. Profil du recensement 2011 [consulté le 2 décembre 2019]. Disponible en ligne : http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F&MM.

Statistique Canada. 2015. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=247867.

Statistique Canada. 2017. *Enquête sur les ménages et l'environnement.* Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=433427.

Statistique Canada 2019. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3881.

Statistique Canada. 2020. Tableau 32-10-0359-01 (anciennement CANSIM 001-0017). Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures [consulté le 26 novembre 2021]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210035901.

Statistique Canada. 2021. *Enquête sur les ménages et l'environnement.* Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3881

Statistique Canada. 2025. Registre de la couverture terrestre : fichiers géospatiaux. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-510-x/16-510-x2025002-fra.htm.

Steenberg J., M. Ristow, P. Duinker, L. Lapointe-E., J. D. MacDonald, D.J. Nowak, J. Pasher, C. Flemming et C. Samson. 2023. An updated approach for assessing Canada's urban forest carbon storage and sequestration. *Carbon Balance and Management 18*: 11.

Stinson, G., W.A. Kurz, C.E. Smyth, E.T. Neilson, C.C. Dymond, J.M. Metsaranta, C. Boisvenue, G.J. Rampley, Q. Li, T.M. White et al. 2011. An inventory-based analysis of Canada's managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008. *Global Change Biology 17*(6):2227–2244.

Stocks, B.J., J.A. Mason, J.B. Todd, E.M. Bosch, B.M. Wotton, B.D. Amiro, M.D. Flannigan, K.G Hirsch, K.A. Logan, D.L. Martell, et al. 2002. Large forest fires in Canada, 1959–1997. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres 107*: FFR 5-1–FFR 5-12.

Strack, M., Y. Zuback. 2013. Annual carbon balance of a peatland 10 yr following restoration. *Biogeosciences 10*:2885–2896.

Sutheimer C.M., A.T. Filicetti, L. Viliani, S.E. Nielsen. 2024. Regeneration lags and growth trajectories influence passive seismic line recovery in western North American boreal forests. *Restoration Ecology, 33*(3): e14353.

Tarnocai, C. 1997. *The amount of organic carbon in various soil orders and ecological provinces in Canada*, dans : Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.) Soil Processes and the Carbon Cycle. Boca Raton (Floride) : CRC Press, p. 81–92.

Thiagarajan A., J. Fan, B.G. McConkey, H.H. Janzen, C.A. Campbell. 2018. Dry matter partitioning and residue N content for 11 major field crops in Canada adjusted for rooting depth and yield. *Canadian Journal of Soil Science, 98*(3): 574-579.

Thiagarajan, A., B.C. Liang, J.D. MacDonald, W. Smith, B. VandenBygaart, B. Grant, R. Kroebel, H. Janzen, T.Q. Zhang, B.G. McConkey et al. 2022. Prospects and Challenges in the use of models to estimate the influence of crop residue input on soil organic carbon in long-term experiments in Canada. *Geoderma Regional 10*: e00534.

TNS. TNS Canada. 2012. *Residential fuelwood combustion in Canada.* Rapport 1381/BT. Toronto (ON) : TNS Canada. Présenté à Ressources naturelles Canada.

TNS. TNS Canadian Facts. 2006. *Residential fuelwood combustion in Canada.* Rapport C1077/BT. Toronto (ON) : TNS Global. Présenté à Environnement Canada.

Trégaro R. et A. Blondel. 2019. *Analyse de la consommation du bois de chauffage au Canada - Basée sur l'Enquête sur les ménages et l'environnement de 2017 par Statistique Canada.* Rapport définitif, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada, document interne.

Trégaro R. 2020. *Rapport sur la méthodologie liée aux objectifs de récoltes du bois de chauffage résidentiel*. Rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

UNESCO/IHA. 2025. *GHG Measurement Guidelines for Freshwater Reservoirs.* International Hydropower Association and UNESCO Chair in Global Environmental Change. Disponible en ligne : https://www.hydropower.org/publications/ghg-measurement-guidelines-for-freshwater-reservoirs (en anglais seulement).

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 2013. *Inventories of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2010*. EPA Report 430-R-12-001.

VandenBygaart, A.J., B.G. McConkey, D.A. Angers, W. Smith, H. De Gooijer, M. Bentham et T. Martin. 2008. Soil carbon change factors for the Canadian agriculture national greenhouse gas inventory, *Canadian Journal of Soil Science, 88*: 671–680.

VandenBygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies, *Canadian Journal of Soil Science, 83*: 363–380.

Veraverbeke, S., B.M. Rogers, M.L. Goulden, R.R. Jandt, C.E. Miller, E.B. Wiggins et J.T. Randerson. 2017. Lightning as a Major Driver of Recent Large Fire Years in North American Boreal Forests. *Nature Climate Change 7*: 529–34.

Vitolo C., F. Di Giuseppe, B. Krzeminski, J. San-Miguel-Ayanz. 2019. A 1980–2018 global fire danger re-analysis dataset for the Canadian Fire Weather Indices. *Scientific Data, 6*, 190032. Disponible en ligne: https://doi.org/10.1038/sdata.2019.32 (en anglais seulement).

Volik O., M. Elmes, R. Petrone, E. Kessel, D. Cobbaert, J. Price. 2020. Wetlands in the Athabasca Oil Sands Region: the nexus between wetland hydrological function and resource extraction. *Environmental Reviews, 28*: 246–261.

Waddington J. M., K.D. Warner, et G.W. Kennedy. 2002. Cutover peatlands: A persistent source of atmospheric CO_2. *Global Biogeochemical Cycles, 16*:1–7.

Waddington, J. M., et S. M. Day. 2007. Methane emissions from a peatland following restoration. *Journal of Geophysical Research 112*:1–11.

Wang, X., M.-A. Parisien, S.W. Taylor, J.-N. Candau, D. Stralberg, G.A. Marshall, J.M. Little, et M.D. Flannigan. 2017. Projected changes in daily fire spread across Canada over the next century. *Environmental Research Letters 12*: 025005.

Webster KL, J.S. Bhatti, D.K. Thompson, S.A. Nelson, C.H. Shaw, K.A. Bona, S.L. Hayne, W.A. Kurz. 2018. Spatially-integrated estimates of net ecosystem exchange and methane fluxes from Canadian peatlands. *Carbon Balance and Management, 13*(1), p.16.

White, J.C., M.A. Wulder, T. Hermosilla, N.C. Coops, G.W. Hobart. 2017. A nationwide annual characterization of 25 years of forest disturbance and recovery for Canada using Landsat time series. *Remote Sensing of Environment, 194*: 303–321.

White, J.C., T. Hermosilla, M.A. Wulder, N.C. Coops. 2022. Mapping, validating, and interpreting spatio-temporal trends in post-disturbance forest recovery. *Remote Sensing of Environment 271*.

White, T., et W.A. Kurz. 2005. Afforestation on private land in Canada from 1990 to 2002 estimated from historical records, *The Forestry Chronicle, 81*(4): 491–497.

Woods M. et D. Robinson. 2007. Development of FVS Ontario: A Forest Vegetation Simulator Variant and Application Software for Ontario. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-54. 2008*. Disponible en ligne : https://www.researchgate.net/publication/265222755_Development_of_FVS_Ontario_a_Forest_Vegetation_Simulator_variant_and_application_software_for_Ontario?channel=doi&linkId=540f3abe0cf2df04e75a29d1&showFulltext=true (en anglais seulement).

Wulder, M.A., J.C. White, M.M. Cranny, R.J. Hall, J.E. Luther, A. Beaudoin, D.G. Goodenough, et J.A. Dechka. 2008. Monitoring Canada's forests. Part 1: Completion of the EOSD land cover project. *Journal canadien de télédétection, 34*(6): 549–562.

Wulder, M.A., T. Hermosilla, J.C. White, N.C. Coops. 2020. Biomass status and dynamics over Canada's forests: disentangling disturbed area from associated aboveground biomass consequences. *Environmental Research Letters, 15*(9), 094093.

Xiao, C.W., et R. Ceulemans. 2004. Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines, *Forest Ecology and Management, 203*(1–3): 177–186.

Annexe 3.6, Méthodologie pour le secteur des déchets

AECOM Canada. 2011. Improved methodology for the estimation of greenhouse gases from Canadian municipal wastewater treatment facilities.

Andersen JK, Boldrin A, Christensen TH, Scheutz C. 2011. Mass balance and life cycle inventory of home composting of organic waste. *Waste Management 31*: pp. 1934-1942.

Bond R. et C.P. Straub. 1973. *Handbook of environmental control*. Vol. 2, Solid Waste. Table 1.1-28: Composition and Analysis of Average Municipal Refuse. Cleveland (OH): CRC Press.

Canada. 2012. *Loi sur les pêches : Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées.* C.P. 2012-942, le 28 juin 2012, DORS/2012-139. Disponible en ligne : https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2012-139.pdf.

CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2006. *Review of dioxins and furans from incineration in support of a Canada-wide standard review.* Rapport préparé pour le Dioxins and Furans Incineration Review Group par A.J. Chandler & Associates Ltd.

CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2007. *Standards pancanadiens relatifs au mercure. Rapport sur la conformité et évaluation – Mercure dans les résidus d'amalgames dentaires. Rapport d'étape – Émissions de mercure et lampes contenant du mercure.* Disponible en ligne : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/prevention-pollution/avis-planification/resultats-rendement/residus-amalgames-dentaires-mercure-apercu/rapport.html.

CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2010. *Standards pancanadiens relatifs au mercure (incinération et fusion de métaux communs).* Rapport d'étape de 2010.

CRU. University of East Anglia Climatic Research Unit, Harris I.C. et P.D. Jones. 2019. Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Version 4.08. Consulté via le Centre for Environmental Data Analysis (CEDS) Web Processing Service (data.ceda.ac.uk). [Consulté en août 2024].

Environnement Canada. 1993. *Les estuaires : un habitat pour la faune et la flore.* Numéro de catalogue : CW69-4/88-1993F. Service canadien de la faune.

ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Literature review on emission factors for the composting process by feedstock type.* Rapport interne, non publié, Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC. Ottawa (Ontario).

ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Literature review on percent loss (%) from onsite leakages at off-farm anaerobic digestion systems*. Rapport interne, non publié, Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC. Ottawa (Ontario).

[Environics] Environics Research Group. 2001. Household Garbage Disposal and Burning, Ontario Survey. Report prepared for Environment Canada (en anglais seulement).

Environnement Canada. 1999. *Municipal Solid Waste Incineration in Canada: An Update on Operations 1997–1998.* Préparé par Compass Environmental Inc. pour Environnement Canada et le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétique.

Environnement Canada. 2003. *Municipal solid waste incineration in Canada : An update on operations 1999–2001*. Préparé pour Environnement Canada par A.J. Chandler & Associates Ltd. en collaboration avec Compass Environmental Inc.

Envirosim. Envirosim Associates Limited. 2019. *Report on sludge production and characteristics for municipal WWTP in Canada.* Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

État de Washington. 2014. *Rule Development Committee report: septic tank effluent values*. Rapport provisoire. Department of Health, État de Washington, Wastewater Management Program.

FAOSTAT. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Statistique. Bilans alimentaires (2014-). [Consulté en sept. 2024]. Disponible en ligne : https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FBS.

Goodick M. 2002. Assessing environmental improvements resulting from changes in waste management practices in Nova Scotia from 1990—2000. Dalhousie University: Halifax.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands.* Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M, Troxler TG, (eds). IPCC, Suisse. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html (en anglais seulement).

Lavallée Inc. 1996. Campagne de caractérisation des résidus, rapport préparé pour l'Association des industries forestières du Québec ltée.

Levelton, B.H. 1991. *Inventory of methane emissions from landfills in Canada.* Rapport non publié, préparé pour Environnement Canada par Levelton & Associates.

Mahvi A.H. 2008. Sequencing batch reactor: A promising technology in wastewater treatment. *Journal of Environmental Health Science & Engineering 5*: 79–90.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1985. *Municipal wastewater treatment works in Ontario*. Rapport. https://archive.org/details/muncipalwastewat26018.

Ministre des Approvisionnements et Services Canada. 1987. *Inventaire national des équipements en eau, municipalités du Canada 1986*. No. E94-81/1987 au catalogue.

NCASI. National Council for Air and Stream Improvement. 2022. *Review and recommendations of model parameters for quantifying greenhouse gas emissions from landfills in the pulp and paper sector.* National Council for Air and Stream Improvement, Inc.

Portail des ressources en eau de Terre-Neuve. Sans date. Base de données en ligne et carte Web [consultée en mars 2018]. Disponible en ligne : https://maps.gov.nl.ca/water/.

Québec. Gouvernement du Québec. 2003. *Évaluation de performance de 522 ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2002 : Ouvrages de surverse et stations d'épuration*. ISBN 2-550-41514-0. Disponible en ligne : https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/42701 (en français seulement).

Québec. Gouvernement du Québec. 2005. *Liste des stations d'épuration. Service du suivi des infrastructures.* Disponible en ligne : https://www.cubiq.ribg.gouv.qc.ca/notice?id=p%3A%3Ausmarcdef_0000998427&locale=fr (en français seulement).

Québec. Gouvernement du Québec. 2013. *Liste des stations d'épuration. Service du suivi des infrastructures*. Disponible en ligne : https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/50440 (en français seulement).

RNCan. Ressources naturelles Canada. 1997. National Wood Residue Data Base, Ressources naturelles Canada (documents de J. Roberts).

RNCan. Ressources naturelles Canada. 1999. *Canada's wood residues: a profile of current surplus and regional concentrations.* Préparé à l'intention de la Table de concertation nationale sur les changements climatiques dans le secteur forestier par le Service canadien des forêts, Direction générale de l'industrie, de l'économie et des programmes. Ressources naturelles Canada.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2001. *Recueil de statistiques forestières canadiennes – Édition spéciale: série historique.* Direction de l'industrie, de l'économie et des programmes, Service canadien des forêts.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2005. *Estimation de la production, de la consommation et des surplus de résidus de bois d'usines au Canada en 2004.* Rapport national préparé pour Ressources naturelles Canada par l'Association des produits forestiers du Canada.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2006. *Analyse des possibilités de récupération des ressources au Canada et prévision des retombées sur les émissions de gaz à effet de serre*. Ressources naturelles Canada.

RNCan. Ressources naturelles Canada. Sans date. Données topographiques du Canada - Série CanVec. Données ouvertes. Disponible en ligne : https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/8ba2aa2a-7bb9-4448-b4d7-f164409fe056.

SMi 2016. Étude nationale sur la composition des déchets solides 2014-2015. Rapport préparé pour Environnement Canada par Consultants S.M. Inc.

Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 38-10-0032-01 (anciennement CANSIM) 153-0041 Élimination de déchets, selon la source, Canada, provinces et territoires (tableau). CANSIM (base de données). [Consulté en novembre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810003201.

Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 17-10-0005-01 (anciennement CANSIM 051-0001). Estimations de la population au 1er juillet, par âge et genre. [Consulté le 17 novembre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 17-10-0027-01 (anciennement CANSIM 051-0024). Archivé - Estimations de la population, Canada, provinces et territoires (x 1 000), de 1921 à 1971. [Consulté le 21 août 2024]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710002701&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (d). Données statistiques forestières, Revenus des biens fabriqués. [Consulté le 5 novembre 2025]. Disponible en ligne : https://cfs.cloud.nrcan.gc.ca/profilstats/economie/revenus-des-biens-fabriques.html.

Statistique Canada. Sans date (e). Enquête sur les ménages et l'environnement. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3881.

Statistique Canada. 2009. Statistiques sur les aliments. Nº 21-020 XIF au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/21-020-x/21-020-x2009001-eng.pdf.

Stericycle, ULC. 2014. *Environmental assessment registration – Stericycle waste transfer facility*. Rapport présenté au ministre de l'Environnement et de la Conservation – directeur des évaluations environnementales, gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador.

Surampalli R.Y. et E.R. Baumann. 1995. Sludge production in rotating biological contactors with supplemental aeration and an enlarged first stage. *Bioresource Technology. 54*:297-304.

Taşeli B.K. 2018. Point source pollution and climate change impact from sequential batch reactor wastewater treatment plant. *Global NEST Journal 20*(1): 33-41.

Tchobanoglous, G., H. Theisen et S. Vigil. 1993. *Integrated solid waste management, engineering principles and management issues*. New York, N.Y., McGraw Hill.

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 1995. *Compilation of air pollutant emission factors. Vol. I—Stationary point and area sources*. AP 42, 5th Edition. Chapter 2, Solid Waste Disposal. U.S Environmental Protection Agency. Disponible en ligne : https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors-stationary-sources

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 1999. Wastewater Technology Fact Sheet - Sequencing Batch Reactors. EPA 932-F-99-073.

Washington State. 2004. *Rule Development Committee report: septic tank effluent values.* Draft report. Washington State Department of Health, Wastewater Management Program.

Annexe 4, Comparaison des approches sectorielle et de référence et bilan énergétique national

[CCIE] Centre canadien d'information sur l'énergie. Diagramme de Sankey sur le flux d'énergie au Canada [Mis à jour le 20 novembre 2025; consulté le 18 février 2026]. Disponible en ligne : https://information-energie.canada.ca/fr/ressources/diagramme-sankey-flux-energie-canada.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2016. *Updated Coal Emission, Energy Conversion and Oxidation Factors*. Étude non publiée. Gatineau (QC) : Division des inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020. *Developing GHG Emissions Estimates from the Combustion of Woody Biomass.* Rapport inédit. Gatineau (QC) : Division des Inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environment et Changement climatique Change Canada. 2023. *DRAFT Carbon Dioxide Emission Factors for coal Combustion in Canada*. Rapport non publié. Gatineau (QC): Division des Inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2024. *Residential Fuelwood Consumption in Canada.* Rapport inédit. Gatineau (QC) : Division des Inventaires et rapports sur les polluants.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

Gouvernment du Canada. 1985. *Loi sur la statistique (L.R.C., 1985, ch. S-19)*. Disponible en ligne : https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/S-19.pdf.

Jaques A.P. 1992. *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990, Protection de l'environnement.* Rapport SPE 5/AP/4. Conservation et protection. Environnement Canada.

McCann T.J. 2000. *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors*. Rapport préparé par T.J. McCann and Associates pour Environnement Canada.

[NCASI] National Council for Air and Stream Improvement. 2011. *NCASI Spreadsheets for Calculating GHG Emissions from Pulp and Paper Manufacturing*. Version 3.3. National Council for Air and Stream Improvements. [révisé en nov. 2013; cité le 10 jan. 2020].

[StatCan] Statistique Canada. Sans date. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada.* Catalogue nº 57-003-X. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X.

[StatCan] Statistique Canada. 2017. *Cadre d'assurance de la qualité*. Catalogue nº 12-586-X. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/12-586-x/12-586-x2017001-fra.htm.

[StatCan] Statistique Canada. 2019. *Statistique Canada : Lignes directrices concernant la qualité, sixième édition.* Catalogue nº 12-539-X. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/12-539-x/12-539-x2019001-fra.htm.

Annexe 6, Coefficients d'émission

Association canadienne du ciment. 2015. *Données inédites sur la production canadienne de clinker.*

[ACPC] Association canadienne des producteurs d'acier. 2009. *Teneurs en carbone moyennes de l'industrie*. Données inédites.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. *CH_4 and VOC emissions from the Canadian upstream oil and gas industry,* volumes 1 et 2. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers par Clearstone Engineering. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering. Publication nº 1999-0010.

AECOM Canada. 2011. Improved methodology for the estimation of greenhouse gases from canadian municipal wastewater treatment facilities.

[AER] Alberta Energy Regulator. 2003−. VPR6800 supply and disposition of gas (economics). Données non publiées. Fournies à Environnement et Changement climatique Canada.

AMEC Earth & Environmental. 2006. *Identifying and updating industriel process activity data in the minerals sector for the Canadian greenhouse gas inventory.* Rapport non publié. Mississauga (ON): AMEC Earth & Environmental, une division d'AMEC Americas Ltd.

Aoyama M., Angers D.A., N'Dayegamiye A., Bissonnette N. 1999. Protected organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure applications. *Canadian Journal of Soil Science 79*: 419–425.

Barton, P., Simpson J. 1994. The effects of aged catalysts and cold ambient temperatures on nitrous oxide Emissions. Division des émissions de sources mobiles (DESM), Environnement Canada. Rapport nº 94-21.

[BCER] British Columbia Energy Regulator. Sans date [a]. *Drilling Data for all wells in B.C. – Gas Sample Analyses* [consulté le 29 avril 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/plogc/OGC_Download.General_File?p_ct=28112025093049 [créer un compte gratuit pour voir les données] (en anglais seulement).

[BCER] British Columbia Energy Regulator. Sans date [b]. *Production Data for all wells in B.C*. [consulté le 8 juillet 2025]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/plogc/OGC_Download.General_File?p_ct=28112025093049 [créer un compte gratuity pour voir les données] (en anglais seulement).

[BCER] British Columbia Energy Regulator. Sans date [c]. Données volumétriques de Petrinex. Fourni par BC Energy Regulator à Environnement et Changement climatique Canada [20 février 2025].

Bhandral R., Bittman S., Kowalenko G., Buckley K., Chantigny M.H., Hunt D.E., Bounaix F., Friesen A. 2009. Enhancing soil infiltration reduces gaseous emissions and improves N uptake from applied dairy slurry. *Journal of Environmental Quality 38*: 1372–1382.

BioMer. 2005. *Démonstration et évaluation du biodiésel pour les bateaux de croisière du Vieux-Port de Montréal et du lieu historique national du Canal-de-Lachine*. Québec, BioMer. Rapport final.

Boadi D.A., Ominski K.H, Fulawka D.L., Wittenberg K.M. 2004. *Improving estimates of methane emissions associated with enteric fermentation of cattle in Canada by adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier-2 methodology.* Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Animal Science, Université du Manitoba, Winnipeg (MB).

Bona K.A., Hilger A., Burgess M., Wozney N., Shaw C. 2018. A peatland productivity and decomposition parameter database. *Ecology 99*(10).

Briggs D. 1994. *Forest products measurements and conversion factors: With special emphasis on the u.s. pacific northwest.* Seattle (WA): College of forest resources, University of Washington. Disponible en ligne : https://www.ruraltech.org/projects/conversions/briggs_conversions/briggs_book.asp (en anglais seulement).

Cagampan JP, Waddington JM. 2008. Net ecosystem CO_2 exchange of a cutover peatland rehabilitated with a transplanted acrotelm. *Écoscience 15*(2): 258–67.

[CB] Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2019. Production and distribution of natural gas in BC [consulté le 5 juillet 2019]. Disponible en ligne : https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/natural-gas-oil/statistics (en anglais seulement).

Chai L., Kröbel R., MacDonald D., Bittman S., Beauchemin K.A., Janzen H.H., McGinn S.M., Vanderzaag A. 2016. An ecoregion-specific ammonia emissions inventory of Ontario dairy farming: Mitigation potential of diet and manure management practices. *Atmospheric Environment 126*:1–14.

Chantigny M.H., Angers D.A., Beauchamp C.J. 2000. Decomposition of de-inking paper sludge in agricultural soils as characterized by carbohydrate analysis. *Soil Biology and Biochemistry 32*: 1561–1570.

Chantigny M.H., Angers D.A., Rochette P., Bélanger G., Massé D., Côté D. 2007. Gaseous nitrogen emissions and forage nitrogen uptake on soils fertilized with raw and treated swine manure. *Journal of Environmental Quality 36*: 1864–1872.

Chantigny M.H., Rochette P., Angers D.A., Bittman S., Buckley K., Massé D., Bélanger G., Eriksen-Hamel N., Gasser M. 2010. Soil nitrous oxide emissions following band-incorporation of fertilizer nitrogen and swine manure. *Journal of Environmental Quality 39*: 1545–1553.

Chantigny M.H., Royer I., Rochette P., Angers D.A., Massé D.I., Benchaar C. 2012. *Manure storage strategies altered nutrient availability and greenhouse gas emissions following application to soils*. Document présenté à : 3rd AQSSS-CSSS Joint Meeting/ Congrès conjoint AQSSS-SCSS: Soils in a changing climate: Friend of foe?; 3 au 8 juin, 2012; ville de Québec, QC, Canada.

Cheminfo Services. 2005. *Improvements to Canada's greenhouse gas emissions inventory related to non-energy use of hydrocarbon products, Markham (Ontario)* : Cheminfo Services Inc.

Cheminfo Services. 2010. *Study of potential additions and updates to the industrial process sources of GHGs in the Canadian GHG inventory, and development of Canadian-specific methodologies and emission estimates for such Sources.* Rapport final. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc.

Cheminfo Services. 2015. *Petrochemical production study: Carbon flows and GHG emissions*. Rapport final confidentiel. Markham (ON): Cheminfo Services Inc.

Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a national inventory of greenhouse gas and fugitive VOC emissions by the Canadian coal mining industry*. Rapport final soumis à la Section de l'énergie, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

[CEEDC] Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions. 2003. *A review of energy consumption in Canadian oil sands operations, heavy oil upgrading 1990, 1994 to 2001.* Université Simon Fraser: Burnaby (Colombie-Britannique).

Clark L., Strachan I.B., Strack M., Roulet N.T., Knorr K.H., Teickner H. 2023. Duration of extraction determines CO_2 and CH_4 emissions from an actively extracted peatland in eastern Quebec, Canada. *Biogeosciences 20*(3): 737–51.

Cleary J. 2003. *Greenhouse gas emissions from peat extraction in Canada: A life cycle perspective*. MSc thèse Montreal (QC), Université de McGill. C2GCR Rapport Nº 2003-1.

[CRA] Conestoga-Rovers and Associates. 2014. *Characterization of coking coal, coke, and coke by-products for the purpose of developing updated carbon dioxide combustion emission factors*. Rapport final présenté au groupe sur l'énergie, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

D′ Acunha B., Morillas L., Black T.A., Christen A., Johnson M.S. 2019. Net ecosystem carbon balance of a peat bog undergoing restoration: integrating CO_2 and CH_4 fluxes from eddy covariance and aquatic evasion with DOC drainage fluxes. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 124*(4): 884–901.

Daelman M., van Voorthuizen E., van Dongen U., Volke E., van Loosdrecht M. 2015. Seasonal and diurnal variability of N_2O emissions from a full-scale municipal wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment, 536*: 1-11.

Environnement Canada. 2006. Rapport ERMD 04-44 : *Greenhouse gas emissions from 1997-2005 model year light duty vehicles*. Rapport interne non publié d'Environnement Canada.Gatineau (QC) : Environnement Canada, Division de la recherche et de la mesure des émissions.

Environnement Canada. 2009. Rapport ERMS 07-14A : *N_2O emissions from in use canadian tier 1 vehicles, report a: greenhouse gas emission rates.* Rapport interne non publié d'Environnement Canada. Gatineau (QC) : Environnement Canada, Division de la recherche et de la mesure des émissions.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2015. *Review of country-specific HFCs emission estimations in the refrigeration and air conditioning sectors*. Edalatmanesh, M., et D. Niemi. Rapport inédit. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2017. *Updated CO_2 Emission Factors for Gasoline and Diesel Fuel.* Rapport non publié. Préparé par S. Tobin. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Literature review on percent loss (%) from onsite leakages at off-farm anaerobic digestion systems.* Rapport interne non publié.Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Literature review on emission factors for the composting process by feedstock type*. Rapport interne non publié. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2021. New marketable natural gas emission factors and energy content values 1999 to 2019. Données internes non publiées. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2022. *Updated greenhouse gas emission estimates for off-road gasoline two-stroke engines*. ÉBAUCHE d'un rapport interne. Préparé par B. Greenlaw. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada, Division des inventaires et des rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2023. *DRAFT Carbon Dioxide Emission Factors for coal Combustion in Canada.* Rapport interne non publié. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2024. *Residential Wood Burning Appliances Pollutant Emissions Testing*. Gatineau (QC) : Environnement et Changement climatique Canada. Disponible en ligne : https://data-donnees.az.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-air-pollutant-emissions-inventory/?lang=fr

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2025. Donnés déclarées par les installations au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES). Données inédites. Gatineau (QC): Environnement et Changement climatique Canada, Division des Inventaires et rapports sur les polluants.

[EERL] Energy and Emissions Research Laboratory. 2020. Improving upstream oil and gas emissions estimates with updated gas composition data. Préparé par D. Tyner et M. Johnson, EERL, Université de Carleton. Ottawa (ON).

[FAO] Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2010. *Forest product conversion factors for the UNECE region*. Document de travail sur le bois et les forêts de Genève Nº 49. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Forge T., Kenney E., Hashimoto N., Neilsen D., Zebarth B. 2016. Compost and poultry manure as preplant soil amendments for red raspberry: Comparative effects on root lesion nematodes, soil quality and risk of nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystem and Environment 223*: 48–58.

Garcia Bravo T. 2015. Picea mariana (Mill.) *B.S.P. plantation on cutover peatland in Alberta (Canada): Evaluating the effect of fertilization and resulting carbon stocks.* MSc Thèse. Université de Calgary. Calgary (AB), 103 pp.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux,* GIEC, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. GIEC, Programme des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/french/full.pdf.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Programme du GIEC des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (éd.). Japon : Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. *2014 Supplément aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : terres humides*. Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M, Troxler TG (éd.).Suisse : GIEC. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/ (en anglais seulement).

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.* Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). Suisse : GIEC. Disponible en ligne : https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/ (en anglais seulement).

[GIEC/OCDE/AIE] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques, et Agence internationale de l'énergie. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* – Version révisée, 1996. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html.

Glatzel S., Kalbitz K., Dalva M., Moore T. 2003. Dissolved organic matter properties and their relationship to carbon dioxide efflux from restored peat bogs. *Geoderma 113*:397–411.

Graham L., Rideout G., Rosenblatt D., Hendren J. 2008. Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles. *Atmospheric Environment. 42*: 4665–4681.

Graham, L., Belisle S.L., Rieger P. 2009. Nitrous oxide emissions from light duty vehicles. *Atmospheric Environment. 43*: 2031-2044.

Grant R.F., Juma N.G., Robertson J.A., Izaurralde R.C., McGill W.B. 2001. Long-term changes in soil carbon under different fertilizer, manure, and rotation. *Soil Science Society American Journal 65*: 205–214.

Hao X., Chang C., Travis G.R., Zhang F. 2003. Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science 166*: 239–245.

Hayne S., Jenkins C., Garneau M. 2014. *Off-site GHG emissions from Canadian peat products.* Rapport non publié. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Hayne S., Verbicki M. 2011. *Aboveground biomass density of Canadian peatlands.* Rapport non publié. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Hunter M.L., Frei R.J., Strachan I.B., Strack M. 2024. Environmental and management drivers of carbon dioxide and methane emissions from actively-extracted peatlands in Alberta, Canada. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences129*(3): e2023JG007738.

[IAI] International Aluminum Institute. 2006. *The aluminum sector greenhouse gas protocol (Addendum to the WRI/WBCSD Greenhouse Gas Protocol).* International Aluminum Institute.

ICF Consulting. 2004. *Update of methane and nitrous oxide emission factors for on-highway vehicles*. Préparé pour l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis par ICF Consulting. Rapport nº 420-P-04-16.

Izaurralde R.C., McGill W.B., Robertson J.A., Juma N.G., Thurston J.J. 2001. Carbon balance of the Breton classical plots over half a century. *Soil Science Society American Journal 65*: 431–441.

Jaques A.P. 1992. *Estimations des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990*, Protection de l'environnement, Conservation et protection, Environnement Canada, Rapport SPE 5/AP/4.

King B. 1994. *Management of methane emissions from coal mines: Environmental, engineering, economic and institutional implications of options*. Rapport préparé par Neill et Gunter pour Environnement Canada.

Lapointe, L. 2021. Delphi Consultation - *Development of greenhouse gas estimates from Canada's Northern Land-Use Change.* Environnement et Changement climatique Canada. Document interne.

Larney F.J., Janzen H.H. 1996. Restoration of productivity to a desurfaced soil with livestock manure, crop residue, and fertilizer amendments. *Agronomy Journal 88*: 921–927.

Latifovic, R. 2019. *La couverture terrestre au Canada*. Version 2015, Ressources naturelles Canada, Produit d'information générale, 119e. https://doi.org/10.4095/315660.

Lazcano C., Robinson C., Hassanpour G., Strack M. 2018. Short-term effects of fen peatland restoration through the moss layer transfer technique on the soil CO_2 and CH_4 efflux. *Ecological Engineering 125*: 149–58.

Lee S.C., Christen A., Black A.T., Johnson M.S., Jassal R.S., Ketler R., Nesic Z., Merkens M. 2017. Annual greenhouse gas budget for a bog ecosystem undergoing restoration by rewetting. *Biogeosciences 14*(11): 2799–814.

Lemke R.L., Baron V., Iwaasa A., Farrell R., Schoenau J. 2012. *Quantifying nitrous oxide emissions resulting from animal manure on pasture, range and paddock by grazing cattle in Canada.* Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saskatoon (SK).

Liang B.C., Hao X.Y., Schoenau J., Ma B.L., Zhang T.Q., MacDonald J.D., Chantigny M., Dyck M., Smith W.N., Malhi S.S., Thiagarajan A., Lafond J., Angers D. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment 321*, 107619.

Lynch D.H., Voroney R.P., Warman P.R. 2005. Soil physical properties and organic matter fractions under forages receiving composts, manure or fertilizer. *Compost Science and Utilization 13*: 252–261.

Maillard É., Angers D.A., Chantigny M., Bittman S., Rochette P., Lévesque G., Hunt D., Parent L.E. 2015. Carbon accumulates in organo-mineral complexes after long-term liquid dairy manure application. *Agriculture, Ecosystems and Environment 202*: 108–119.

Maillard É., Angers D.A., Chantigny M., Lafond J., Pageau D., Rochette P., Lévesque G., Leclerc M.L., Parent L.É. 2016. Greater accumulation of soil organic carbon after liquid dairy manure application under cereal-forage rotation than cereal monoculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment 233*: 171–178.

Marinier M., Clark K., Wagner-Riddle, C. 2004. *Improving estimates of methane emissions associated with animal waste management systems in Canada by adopting an IPCC Tier-2 methodology.* Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (ON).

Marinier M., Clark K., Wagner-Riddle, C. 2005. *Determining manure management practices for major domestic animals in Canada.* Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (ON).

McCann T.J. 2000. *1998 fossil fuel and derivative factors*, rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd.

McNeil P., Waddington J.M. 2003. Moisture controls on sphagnum growth and CO_2 exchange on a cutover bog. *Journal of Applied Ecology, 40*(2): 354–367.

[NCASI] National Council for Air and Stream Improvement. 2011. *Outils de calcul des GES pour les usines de produits du bois.* Version 3.3. National Council for Air and Stream Improvements. [Révisé : novembre 2013; consulté : 10 janvier 2020].

[NCASI] National Council for Air and Stream Improvement. 2012. *Methane and nitrous oxide emissions from biomass-fired boilers and recovery furnaces.* Technical Bulletin No. 998. Research Triangle Park, Caroline du Nord: National Council for Air and Steam Improvement Inc.

Nugent, KA, Strachan, IB, Strack, M, Roulet, NT, Rochefort, L. 2018. Multi-year net ecosystem carbon balance of a restored peatland reveals a return to carbon sink. *Global Change Biology 24*(12): 5751–5768.

Nugent KA, Strachan IB, Roulet NT, Strack M, Frolking S, Helbig M. 2019. Prompt active restoration of peatlands substantially reduces climate impact. *Environmental Research Letters 14*(12): 124030.

[OCTNHE] Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2024. *Monthly gas flaring, injection and fuel volumes by facility*. Rapport non publié. Fourni par l'OCTNHE à Environnement et Changement climatique Canada [17 mai 2024].

Oak Leaf Environmental, Inc. 2017. *Memorandum, recommended non-road CH_4 and N_2O emission rates* (Revision 2). Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Oak Leaf Environmental, Inc. 2022. *Memorandum, Methane and nitrous oxide emission rates from Tier 3 certified light-duty gasoline vehicles.* Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Paré T., Dinel H., Moulin A.P., Townley-Smith L. 1999. Organic matter quality and structural stability of a Black Chernozemic soil under different manure and tillage practices. *Geoderma 91*: 311–326.

Pelster D.E., Chantigny M.H., Rochette P., Angers D.A., Rieux C., Vanasse A. 2012. Nitrous oxide emissions respond differently to mineral and organic nitrogen sources in contrasting soil types. *Journal of Environmental Quality 41*: 427–435.

Petrinex. 2010−. Alberta Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx (en anglais seulement).

Petrinex. 2013−. Saskatchewan Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data [consulté le 26 mars 2025]. Disponible en ligne : https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx (en anglais seulement).

Petrone R.M., Waddington J.M., Price J.S. 2001. Ecosystem scale evapotranspiration and net CO_2 exchange from a restored peatland. *Hydrological Processes 15*:2839–2845.

Petrone R.M., Waddington J.M., Price J.S. 2003. Ecosystem-scale flux of CO_2 from a restored vacuum harvested peatland. *Wetlands Ecology and Management 11*: 419–432.

Poorter H., Niklas K.J., Reich P.B., Oleksyn J., Poot P., Mommer L. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytol. 193*(1):30-50.

Rankin T., Strachan I.B., Strack M. 2018. Carbon dioxide and methane exchange at a post-extraction, unrestored peatland. *Ecological Engineering 122*: 241–51.

Rees H.W., Chow T.L., Zebarth B., Xing Z., Toner P., Lavoie J., Daigle J.L. 2014. Impact of supplemental poultry manure application on potato yield and soil properties on a loam soil in north-western New Brunswick. *Canadian Journal of Soil Science 94*: 49–65.

[RC-TNLEE] Régie Canada–Terre-Neuve-et-Labrador de l'énergie extracôtière. Sans date. *Monthly gas flaring, injection and fuel volumes by facility.* Rapport inédit. Fourni par RC-TNLEE à Environnement et Changement climatique Canada [5 août 2025].

Rochette P., Angers D.A., Chantigny M.H., Gagnon B., Bertrand N. 2008. N_2O fluxes in soils of contrasting textures fertilized with liquid and solid dairy cattle manures. *Canadian Journal of Soil Science 88*: 175–187.

Rochette P., Chantigny M.H., Ziadi N., Angers N., Bélanger G., Charbonneau E., Pellerin D., Liang B.C., Bertrand N. 2014. Soil nitrous oxide emissions after deposition of dairy cow excreta in eastern Canada. *Journal of Environmental Quality 43*:829–841.

Saskatchewan Research Council. 2024. SRC rare earth processing facility. Disponible en ligne : https://www.src.sk.ca/sites/default/files/files/resource/8438_SRC_REE_Brochure_2024_WEB.pdf (en anglais seulement).

SGA Energy. 2000. *Emission factors and uncertainties for CH_4 & N_2O from fuel combustion.* Rapport non publié préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par SGA Energy Limited.

Sharma B., Moore T.R., Knorr K.H., Teickner H., Douglas P.M., Roulet N.T. 2024. Horticultural additives influence peat biogeochemistry and increase short-term CO_2 production from peat. *Plant and Soil*: 1–16.

Sheppard S.C., Bittman S., Swift M.L., Tait J. 2010. Farm practices survey and modelling to estimate monthly NH_3 emissions from swine production in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science 90*:145–158.

Sheppard S.C., Bittman S., Swift M.L., Beaulieu M., Sheppard M.I. 2011a. Ecoregion and farm size differences in dairy feed and manure nitrogen management: A survey. *Canadian Journal of Animal Science 91*:459–473.

Sheppard S.C., Bittman S., Swift M.L, Tait J. 2011b. Modelling monthly NH_3 emissions from dairy in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science 91*(4):649–661.

Skog K.E. 2008. Sequestration of carbon in harvested wood products for the United States. *Forest Products Journal 58*:56–72.

[SK MER] Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012–. Saskatchewan fuel, flare and vent. Disponible en ligne : https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2541 (en anglais seulement).

Sommerfeldt T.G., Chang C., Entz T. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Science Society American Journal 52*: 1668–1672.

Statistique Canada. Sans date. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. N° 57-003-X. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/57-003-x/57-003-x2023002-fra.htm.

Steenberg J., Ristow M., Duinker P., Lapointe-Elmrabti L., MacDonald J.D., Nowak D.J., Pasher J., Flemming C. et Samson C. 2023. An updated approach for assessing Canada's urban forest carbon storage and sequestration. *Carbon Balance and Management 18*: 11.

Strack M., Zuback Y. 2013. Annual carbon balance of a peatland 10 yr following restoration. *Biogeosciences 10*:2885–2896.

Strack M., Keith A., Xu B. 2014. Growing season carbon dioxide and methane exchange at a restored peatland on the Western Boreal Plain. *Ecological Engineering 64*:231–239.

Taşeli, B.K. 2018. Point source pollution and climate change impact from sequential batch reactor wastewater treatment plant. *Global NEST Journal* vol. 20.

Turmel-Courchesne L, Davies MA, Guêné-Nanchen M, Strack M, Rochefort L. 2023. Rewetting increases vegetation cover and net growing season carbon uptake under fen conditions after peat-extraction in Manitoba, Canada. *Scientific Reports13*(1): 20588.

[U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 1998. Emission factor documentation for AP-42 section 2.4 municipal solid waste landfills revised. Disponible en ligne : https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/final/c02s04.pdf (en anglais seulement).

[U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 1996. *Compilation of air pollutant emission factors*, Vol. 1, Stationary point and area sources, AP-42, 5e édition, supplément B, Sections 1.9 et 1.10. Washington D.C., Environmental Protection Agency des États-Unis.

[U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 2003. *Compilation of air pollutant emission factors*, Vol. 1, Stationary point and area sources, AP- 42, 5e édition, section 1.6. Washington D.C., Environmental Protection Agency des États-Unis.

Waddington J.M., Day S.M. 2007. Methane emissions from a peatland following restoration. *Journal of Geophysical Research 112*:1–11.

Waddington J.M., Price J.S. 2000. Effect of peatland drainage, harvesting, and restoration on atmospheric water and carbon exchange. *Physical Geography 21*(5):433–451.

Waddington J.M., Strack M., Greenwood M.J. 2010. Toward restoring the net carbon sink function of degraded peatlands: Short-term response in CO_2 exchange to ecosystem-scale restoration. *Journal of Geophysical Research 115*:1–13.

Waddington J.M., Toth K., Bourbonniere R. 2008. Dissolved organic carbon export from a cutover and restored peatland. *Hydrological Processes 22*:2215–2224.

Waddington J.M., Warner K.D. 2001. Atmospheric CO_2 sequestration in restored mined peatlands. *Ecoscience 8*(3):359–368.

Waddington J.M., Warner K.D., Kennedy G.W. 2002. Cutover peatlands: A persistent source of atmospheric CO_2. *Global Biogeochemical Cycles 16*:1–7.

[WBCSD] World Business Council for Sustainable Development. 2005. *CO_2 Accounting and reporting standard for the cement industry.* Version 2.0. Suisse. Juin 2005.

Wulder, MA, Hermosilla, T, White, JC, Coops, NC. 2020. Biomass status and dynamics over Canada's forests: disentangling disturbed area from associated aboveground biomass consequences. *Environmental Research Letters, 15*(9), 094093.

Annexe 7, L’électricité au Canada : Sommaire et tableaux sur l’intensité

Statistique Canada. Sans date (a). *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d’énergie au Canada*. Nº 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/57-003-x/57-003-x2023002-fra.htm.

Statistique Canada. Sans date (b). *Production, transport et distribution d’électricité* (annuel). Nº 57-202-X au catalogue. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-202-X.

Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 25-10-0019-01 : Électricité produite à partir de combustibles, production annuelle selon les centrales thermiques des services d’électricité [publié le 16 novembre 2022, consulté le 28 novembre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (d). Tableau 25-10-0020-01 : L’énergie électrique, production annuelle selon la classe de producteur d’électricité [publié le 22 octobre 2025, consulté le 28 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002001&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (e). Tableau 25-10-0021-01 : L’énergie électrique, services d’électricité et d’industrie, disponibilité et écoulement, annuel [publié le 22 octobre 2024, consulté le 28 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002101&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (f). Tableau 25-10-0084-01 : Production d’électricité, combustibles consommés et coût des combustibles par les centrales thermiques de production d’électricité [publié le 21 octobre 2025, consulté le 28 octobre 2025]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510008401&request_locale=fr.