

RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2021 : SOURCES ET PUIITS 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

N° de cat. : En81-4F-PDF
ISSN : 1910-7072
EC21275.02

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
12^e étage, édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-938-3860
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © Environnement et Changement climatique Canada / gettyimages.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2023

Also available in English

National Inventory Report 1990–2021: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada

AVANT-PROPOS

Le Canada a ratifié la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC ou la Convention) le 4 décembre 1992. Aux termes des Décisions 3/CP.1, 9/CP.2 et 24/CP.19 de la CCNUCC, les inventaires nationaux de sources et de puits de gaz à effet de serre (GES) doivent être soumis à la CCNUCC au plus tard le 15 avril de chaque année. Le présent document fait partie de la soumission de l'inventaire annuel du Canada sous la Convention.

L'inventaire national des GES de 2023 du Canada est conforme aux exigences des directives révisées de la CCNUCC pour la notification des inventaires nationaux de GES (voir Décision 24/CP.19). Les lignes directrices pour l'établissement des rapports exigent que les Parties visées à l'annexe I 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 2022. 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.

Avril 2023

Lindsay Pratt, Directeur

Division des inventaires et rapports sur les polluants

Direction des sciences et évaluation des risques

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 remercie les nombreuses personnes et organisations qui ont participé à la préparation du Rapport d'inventaire national (RIN) et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR). 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 1990–2021 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*, qui ont contribué à améliorer le rapport de cette année.

Sommaire

Tatyana Abou-Chaker, Sean Angel, Alice Au, Warren Baker, Nicholas Bishop, Dominique Blain, Ana Blondel, Alessia Czerwinski, Corey Flemming, Brandon Greenlaw, Jordon Kay, Emil Laurin, Geneviève Leblanc-Power, Catherine Lee, Chang Liang, Douglas MacDonald, Kristen Obeda, Raphaëlle Pelland St-Pierre, Lindsay Pratt, Catherine Robert, Duane Smith, Steve Smyth, Anne-Marie St-Laurent Thibault, Kristine Tracey, Brittany Sullivan, Brett Taylor, Arumugam Thiagarajan et Melanie Vanderpol.

Chapitre 1 : Introduction

Tatyana Abou-Chaker, Sean Angel, Alice Au, Warren Baker, Gwénaél Gasaya Kariyo, Chia Ha, Geneviève Leblanc-Power, Catherine Lee, Loretta MacDonald, Raphaëlle Pelland St-Pierre, Lindsay Pratt, Catherine Robert, Steve Smyth, Kristine Tracey et Melanie Vanderpol.

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

Tatyana Abou-Chaker, Sean Angel, Alice Au, Warren Baker, Owen Barrigar, Dominique Blain, Ana Blondel, Alessia Czerwinski, Corey Flemming, Brandon Greenlaw, Jordon Kay, Geneviève Leblanc-Power, Emil Laurin, Catherine Lee, Chang Liang, Douglas MacDonald, Monique Murphy, Kristen Obeda, Raphaëlle Pelland St-Pierre, Catherine Robert, Duane Smith, Steve Smyth, Brittany Sullivan, Arumugam Thiagarajan, Shawn Tobin, Brett Taylor, Kristine Tracey et Melanie Vanderpol.

Chapitre 3 : Énergie (secteur 1 du CUPR)

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

Chapitre 4 : Procédés industriels et utilisation des produits (secteur 2 du CUPR)

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

Chapitre 5 : Agriculture (secteur 3 du CUPR)

Corey Flemming, Chang Liang, Mark Libby, Douglas MacDonald et Arumugam Thiagarajan.

Chapitre 6 : Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (secteur 4 du CUPR)

Ana Blondel, Corey Flemming, Chang Liang, Douglas MacDonald, Cameron Samson et Arumugam Thiagarajan.

Chapitre 7 : Déchets (secteur 5 du CUPR)

Nicholas Bishop, Emil Laurin, Kristen Obeda, Duane Smith et Brittany Sullivan.

Chapitre 8 : Recalculs et améliorations

Sean Angel, Alice Au, Warren Baker, Owen Barrigar, Nicholas Bishop, Ana Blondel, Kelly Bona, Alessia Czerwinski, Corey Flemming, Brandon Greenlaw, Chia Ha, Jordon Kay, Lyna Lapointe-Elmrabti, Emil Laurin, Geneviève Leblanc-Power, Catherine Lee, Chang Liang, Douglas MacDonald, Monique Murphy, Kristen Obeda, Raphaëlle Pelland St-Pierre, Lindsay Pratt, Catherine Robert, Cameron Samson, Duane Smith, Steve Smyth, Brittany Sullivan, Arumugam Thiagarajan, Shawn Tobin, Kristine Tracey et Melanie Vanderpol.

Annexes

Tatyana Abou-Chaker (annexe 6)

Sean Angel (annexes 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12)

Alice Au (annexes 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12)

Warren Baker (annexes 1, 3, 4, 6, 9, 10, 11 et 12)

Owen Barrigar (annexes 2, 3, 9, 10, 11 et 12)

Samuel Belliveau (annexes 1 et 2)

Nicholas Bishop (annexe 3)

Ana Blondel (annexes 1, 2, 3, 6, 7, 8 et 9)

Kelly Bona (annexe 3)

Alessia Czerwinski (annexes 5 et 6)

Dominic Cyr (annexe 3)

Corey Flemming (annexes 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11 et 12)

Brandon Greenlaw (annexe 3)

Chia Ha (annexes 3, 4, 6, 9, 10, 11 et 12)

Jordon Kay (annexes 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12 et 13)

Lyna Lapointe-Elmrabti (annexe 3)

Emil Laurin (annexes 2, 3 et 6)

Chang Liang (annexe 3 et 6)

Geneviève Leblanc-Power (annexes 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12)

Catherine Lee (annexes 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12)

Douglas MacDonald (annexes 2, 3, 9, 10, 11 et 12)

Monique Murphy (annexe 7)

Kristen Obeda (annexes 2 et 3)

Raphaëlle Pelland St-Pierre (annexes 6 et 7)

Lindsay Pratt (annexes 9, 10, 11 et 12)

Catherine Robert (annexes 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11 et 12)

Cameron Samson (annexes 2 et 3)

Steve Smyth (annexes 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12)

Brittany Sullivan (annexes 2, 3 et 6)

Brett Taylor (annexe 3)

Arumugam Thiagarajan (annexe 3)

Shawn Tobin (annexes 2, 3, 6, 9, 10, 11 et 12)

Kristine Tracey (annexes 2, 3, 4, 6, 9, 11 et 13)

Melanie Vanderpol (annexes 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12)

La coordination générale du Rapport d'inventaire national du Canada a été assurée par Raphaëlle Pelland St-Pierre. La compilation centralisée des données et la génération des tableaux d'émissions complets ont été dirigées par Catherine Robert. La compilation des estimations d'incertitude ainsi que les analyses des catégories clés ont été dirigées par Samuel Belliveau. La compilation et la mise en page du Rapport d'inventaire national en vue de sa publication ont été effectués par Marida Waters, avec l'aide de Bruna Sunye. La révision et la traduction du rapport a été réalisé par le Bureau de la traduction de Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC), avec l'aide de Sara Gagnon-Calestagne. Nous remercions particulièrement Samuel Belliveau, Alessia Czerwinski, et Monique Murphy d'avoir élaboré les pages Web en lien avec cette publication. La compilation et la coordination des tableaux du CUPR (qui accompagne ce document dans la soumission du Canada à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) ont été gérées par Catherine Robert.

Nous tenons à souligner la contribution de nos collègues de la Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement (DPGER) d'ECCC ainsi que de la Division de l'analyse réglementaire et de la valuation d'ECCC, qui ont participé à l'analyse des données sur le pétrole et le gaz et à l'élaboration des coefficients et des paramètres d'émissions utilisés pour estimer les émissions fugitives provenant du secteur du pétrole et du gaz. Nous remercions également particulièrement 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. Nous remercions également Marianne Racine de la Division de la production des produits chimiques d'ECCC qui a fourni la majeure partie des données sur l'importation et l'exportation des hydrofluorocarbones (HFC) ainsi que des commentaires sur la collecte de données et de renseignements.

Nous tenons à saluer les efforts de nos collègues de la Division de la statistique de l'environnement et de l'énergie de Statistique Canada, en particulier Paul Allard, Corben Bristow, Paul Durk, Norman Fyfe, Tracy Hart, Evona Jamroz, Russ Kowaluk, Jiahua Li, Kristin Loiselle-Lapointe, Maya Murphy, Rowan Spence, Donna Stephens, Michael Warbanski, Lloyd Widdis et Dores Zuccarini, qui ont contribué à la compilation, à l'analyse et à l'interprétation des données sur l'offre et la demande dans les secteurs de la fabrication et de l'énergie au Canada, ainsi que Amélie Angers, Manon Dupuis, Debbie Mair et Sean Fagan du Centre des projets spéciaux sur les entreprises qui nous ont offert leurs services en matière d'évaluation de la confidentialité des données et d'échange et diffusion des données. Nous tenons à remercier Carolyn Cahill, directrice de la Division de la statistique de l'environnement et de l'énergie ainsi que René Beaudoin et Jeff Fritzsche, directeurs adjoints, pour leur soutien.

Nous sommes reconnaissants aussi 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), de l'agriculture et des procédés industriels. Nous remercions en particulier Andrew Dyk, Max Fellows, Kathryn Fischer, Mark Hafer, Benjamin Hudson, Werner Kurz, Michael Magnan, Juha Metsaranta, Jessie Mitchell, Scott Morken, Eric Neilson, Stephanie Ortlepp et Sally Tinis du Service canadien des forêts; Wenjun Chen de la Division du Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre de Ressources naturelles Canada. Darrel Cerkowniak, Jiangui Liu, Dan MacDonald et Tim Martin 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 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.

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 sciences et évaluation des risques

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

RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2021 : SOURCES ET PUIITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA

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

PARTIE 1

2023



Environnement et
Changement climatique Canada

Environment and
Climate Change Canada

Canada

N° de cat. : En81-4F-PDF
ISSN : 1910-7072
EC21275.02

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
12^e étage, édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-938-3860
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © Environnement et Changement climatique Canada / gettyimages.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2023

Also available in English

National Inventory Report 1990–2021: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	i
Remerciements	ii
Liste de tableaux	ix
Liste de figures	xii
Liste des abréviations et unités communes	xiv
Sommaire	1
S.1. Points clés	1
S.2. Introduction	2
Le RIN : données probantes scientifiques pour les décideurs	2
S.3. Survol des émissions nationales de GES	3
Améliorations méthodologiques	6
S.4. Émissions de GES et tendances par secteurs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	7
La principale contribution des données déclarées par les installations aux estimations en matière de GES	10
Utilisation des mesures atmosphériques 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. Dispositions prises relativement à l'inventaire national	14
S.8. Références du sommaire	15
Chapitre 1 Introduction	16
1.1. Changements climatiques et inventaires des gaz à effet de serre	16
1.2. Dispositions relatives à l'inventaire national du Canada	19
1.3. Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification	24
1.4. Examen de l'inventaire annuel	29
1.5. Méthodologies et sources de données	29
1.6. Catégories clés	30
1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire	31
1.8. Évaluation de l'exhaustivité	32
Chapitre 2 Tendances des émissions de gaz à effet de serre	33
2.1. Sommaire des tendances des émissions de GES	33
2.2. Tendances des émissions de GES par gaz	37
2.3. Tendances des émissions de GES par secteur du GIEC	39
Estimations descendantes et ascendantes des émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier	54
2.4. Émissions par secteur économique canadien	66
Tendances dans le secteur pétrolier et gazier	68
Chapitre 3 Énergie (secteur 1 du CUPR)	72
3.1. Aperçu	72
3.2. Activités de l'utilisation de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)	75
3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B du CUPR)	92
3.4. Transport et stockage du CO ₂ (catégorie 1.C du CUPR)	105
3.5. Autres questions	107
Chapitre 4 Procédés industriels et utilisation des produits (secteur 2 du CUPR)	108
4.1. Aperçu	108
4.2. Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)	110
4.3. Production de chaux (catégorie 2.A.2 du CUPR)	112

4.4.	Utilisation de produits minéraux (catégories 2.A.3 et 2.A.4 du CUPR).....	115
4.5.	Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR).....	119
4.6.	Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR).....	123
4.7.	Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)	127
4.8.	Production de carbonate de sodium (catégorie 2.B.7 du CUPR)	128
4.9.	Production de carbure, production de dioxyde de titane, production pétrochimique et de noir de carbone, production fluorochimique et autres utilisations de l'urée (catégories 2.B.5, 2.B.6, 2.B.8, 2.B.9.a et 2.B.10 du CUPR).....	129
4.10.	Production sidérurgique (catégorie 2.C.1 du CUPR).....	139
4.11.	Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)	142
4.12.	Production de magnésium (catégorie 2.C.4 du CUPR).....	144
4.13.	Production de plomb et de zinc (catégories 2.C.5 et 2.C.6 du CUPR)	146
4.14.	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant et utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (catégorie 2.D.3 du CUPR)	146
4.15.	Industrie électronique (catégories 2.E.1 et 2.E.5 du CUPR).....	149
4.16.	Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR, HFC)	154
4.17.	Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR, PFC).....	158
4.18.	Fabrication et utilisation d'autres produits (secteur 2.G du CUPR).....	161
Chapitre 5	Agriculture (secteur 3 du CUPR)	165
5.1.	Aperçu	165
5.2.	Fermentation entérique (catégorie 3.A du CUPR).....	168
5.3.	Gestion des fumiers (catégorie 3.B du CUPR).....	171
5.4.	Émissions de N ₂ O attribuables aux sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)	176
5.5.	Émissions de CH ₄ et de N ₂ O attribuables au brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F du CUPR)	188
5.6.	Émissions de CO ₂ attribuables au chaulage (catégorie 3.G du CUPR).....	189
5.7.	Émissions de CO ₂ attribuables à l'application d'urée (catégorie 3.H du CUPR)	190
Chapitre 6	Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (secteur 4 du CUPR).....	191
6.1.	Aperçu	191
6.2.	Définitions des catégories de terres et représentation des terres aménagées	196
6.3.	Terres forestières (catégorie 4.A du CUPR).....	199
6.4.	Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)	208
6.5.	Terres cultivées (catégorie 4.B du CUPR)	213
6.6.	Prairies (catégorie 4.C du CUPR)	223
6.7.	Terres humides (catégorie 4.D du CUPR).....	224
6.8.	Établissements (catégorie 4.E du CUPR).....	228
6.9.	Conversion des forêts	232
Chapitre 7	Déchets (secteur 5 du CUPR)	235
7.1.	Aperçu	235
7.2.	Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) (catégorie 5.A du CUPR)	236
7.3.	Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (catégorie 5.A.2 du CUPR)	239
7.4.	Traitement biologique des déchets solides (catégorie 5.B du CUPR)	240
7.5.	Incinération et combustion à l'air libre de déchets (catégorie 5.C du CUPR)	242
7.6.	Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D du CUPR)	243
Chapitre 8	Recalculs et mesures d'amélioration.....	247
8.1.	Incidence des recalculs sur les niveaux et les tendances des émissions.....	247
8.2.	Améliorations apportées à l'inventaire	254
8.3.	Améliorations prévues à l'inventaire	255
Références	266
Parties 2 et 3	278

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	13
Tableau 1-1	Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du GIEC	20
Tableau 1-2	Utilisation des données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES pour le Rapport d'inventaire national, par secteur du GIEC et par catégorie du CUPR correspondants	28
Tableau 2-1	Tendances des émissions de GES et des indicateurs économiques, certaines années	35
Tableau 2-2	Émissions de GES par province et territoire, certaines années	36
Tableau 2-3	Émissions de GES du Canada par secteur du GIEC (1990-2021)	41
Tableau 2-4	Émissions de GES des Sources de combustion fixes, certaines années	42
Tableau 2-5	Émissions de GES des Transports, certaines années	48
Tableau 2-6	Tendances du parc de véhicules au Canada, certaines années	49
Tableau 2-7	Émissions de GES des Sources fugitives, certaines années	52
Tableau 2-8	Émissions de GES des catégories des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années	56
Tableau 2-9	Émissions de GES de l'Agriculture, certaines années	58
Tableau 2-10	Émissions et absorptions de GES du secteur ATCATF, certaines années	60
Tableau 2-11	Émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années	64
Tableau 2-12	Tendances des émissions de GES par secteur économique canadien	71
Tableau 3-1	Émissions de GES du secteur de l'Énergie	72
Tableau 3-2	Variations des émissions de GES dus aux recalculs	73
Tableau 3-3	Émissions de GES du Transport aérien intérieur et international	76
Tableau 3-4	Émissions de GES du Transport maritime intérieur et international	77
Tableau 3-5	Contribution des Industries énergétiques aux émissions de GES	78
Tableau 3-6	Contribution des Industries manufacturières et de la Construction aux émissions de GES	82
Tableau 3-7	Contribution des Transports aux émissions de GES	85
Tableau 3-8	Contribution des Autres secteurs aux émissions de GES	90
Tableau 3-9	Autres (non précisé ailleurs) contributions aux émissions de GES	92
Tableau 3-10	Contribution des émissions fugitives de GES	92
Tableau 3-11	Émissions de GES provenant de Puits de pétrole et de gaz abandonnés	96
Tableau 3-12	Émissions de GES attribuables aux émissions fugitives en aval du compteur	97
Tableau 3-13	Degré d'incertitude associé aux émissions fugitives attribuables au pétrole et au gaz naturel (sauf à celles du Raffinage du pétrole)	101

Tableau 3–14	Degré d'incertitude des émissions fugitives attribuables au raffinage du pétrole	101
Tableau 3–15	Quantités de CO ₂ importées, captées et élimination finale	105
Tableau 3–16	Émissions de CO ₂ provenant des systèmes de captage de carbone, de transport, d'utilisation et de stockage	105
Tableau 3–17	Éthanol utilisé pour le transport au Canada	107
Tableau 3–18	Biodiesel utilisé pour le transport au Canada	107
Tableau 4–1	Émissions de GES attribuables au secteur des Procédés industriels et de l'utilisation de produits, certaines années	109
Tableau 4–2	Répercussions des recalculs à la suite des révisions et des améliorations.....	109
Tableau 4–3	Répartition de la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada (1990–2016).....	114
Tableau 4–4	Consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite au Canada.....	118
Tableau 4–5	Aperçu des teneurs en carbone du gaz naturel utilisées pour estimer les émissions attribuables à la production d'ammoniac pour les années 1990 à 2017.....	121
Tableau 4–6	Aperçu des activités de captage et de stockage du carbone et de récupération du CO ₂	122
Tableau 4–7	Installations de production d'acide nitrique au Canada	125
Tableau 4–8	Catégories comprises dans le nœud confidentiel du CUPR	134
Tableau 4–9	Alumineries au Canada : niveau de la méthode et coefficients d'émission	143
Tableau 4–10	Types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques dans l'inventaire canadien des GES	147
Tableau 4–11	HFC utilisés au Canada et années d'apparition dans les données sur les activités	156
Tableau 4–12	Données d'importation de HFC de base pour l'année 2021 par type et par application	156
Tableau 5–1	Évolution à court et à long terme des émissions de gaz à effet de serre provenant du secteur de l'Agriculture	166
Tableau 5–2	Résumé quantitatif des recalculs pour le secteur de l'Agriculture dans le Rapport d'inventaire national de 2023	167
Tableau 5–3	Résumé qualitatif des révisions des méthodologies, des corrections et des améliorations apportées au rapport du Canada pour 2023	167
Tableau 5–4	Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH ₄ dues à la fermentation entérique	169
Tableau 5–5	Recalculs des estimations des émissions et leur incidence sur les tendances des émissions et sur les émissions totales des sources agricoles provenant de la fermentation entérique et les émissions de CH ₄ et de N ₂ O de la gestion des fumiers.....	170
Tableau 5–6	Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH ₄ dues à la gestion des fumiers.....	173
Tableau 5–7	Incertitude des estimations des émissions de N ₂ O attribuables à la gestion des fumiers et aux sols agricoles en 2021	177
Tableau 5–8	Recalculs des estimations des émissions de N ₂ O et leur incidence sur les tendances des émissions de gaz à effet de serre attribuables à l'épandage d'engrais organiques et inorganiques, à la décomposition des résidus de culture et à l'urine et au fumier laissés au sol par les animaux au pâturage.....	178
Tableau 5–9	Recalculs des estimations des émissions de N ₂ O et leur incidence sur les tendances des émissions de gaz à effet de serre attribuables aux pratiques de conservation et d'irrigation	184
Tableau 5–10	Recalculs des estimations des émissions de N ₂ O et leur incidence sur les tendances des émissions de gaz à effet de serre produites par le dépôt atmosphérique, le lessivage et le ruissellement.....	187

Tableau 6–1	Estimations des flux nets de gaz à effet de serre du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, pour certaines années	192
Tableau 6–2	Aperçu des résultats des recalculs des estimations déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	194
Tableau 6–3	Résumé des changements dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	195
Tableau 6–4	Matrice d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2021	197
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, pour certaines années	201
Tableau 6–6	Estimations des flux nets annuels de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O 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 centiles, pour certaines années	204
Tableau 6–7	Stocks de carbone dans le réservoir des produits ligneux récoltés et émissions découlant de l'utilisation et de l'élimination de ces produits.....	209
Tableau 6–8	Estimations des émissions de CO ₂ provenant des produits ligneux récoltés, et aux 2,5 ^e et aux 97,5 ^e centiles, pour certaines années	212
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	214
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 2021	221
Tableau 7–1	Sommaire des émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années	235
Tableau 7–2	Sommaire des recalculs du secteur des Déchets, certaines années (Mt d'éq. CO ₂)	236
Tableau 8–1	Sommaire des recalculs du Rapport d'inventaire national de 2023 (à l'exception du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie).....	248
Tableau 8–2	Variations dans les émissions de GES au Canada : de 672 Mt (en 2020, rapport précédent) à 670 Mt (en 2021, rapport actuel).....	249
Tableau 8–3	Sommaire des recalculs par secteur	253
Tableau 8–4	Améliorations apportées au RIN 2023 du Canada.....	256
Tableau 8–5	Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada.....	260

LISTE DE FIGURES

Figure S–1	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)	4
Figure S–2	Tendances des émissions de GES du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2021)	5
Figure S–3	Répartition des émissions du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2021)	5
Figure S–4	Répartition des émissions du Canada par gaz à effet de serre (2021)	6
Figure S–5	Variations des émissions de GES par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2021)	7
Figure S–6	Répartition des émissions de GES du Canada par secteur économique (2021)	13
Figure S–7	Émissions par province et territoire en 2005, 2010, 2015 et 2021	14
Figure 1–1	Variations des températures annuelles au Canada et tendance à long terme, 1948–2021	17
Figure 1–2	Partenaires et contributeurs des dispositions relatives à l'inventaire national	21
Figure 1–3	Processus de préparation de l'inventaire	23
Figure 1–4	Émissions déclarées par les installations en pourcentage des émissions industrielles de gaz à effet de serre, par province et territoire pour 2021	27
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) (1990–2021)	34
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) (1990–2021)	35
Figure 2–3	Émissions de GES par province et territoire en 2005, 2010, 2015 et 2021	36
Figure 2–4	Ventilation des émissions du Canada par GES (2021)	38
Figure 2–5	Tendances des émissions de méthane au Canada (1990–2021)	38
Figure 2–6	Tendances des émissions de GES au Canada, par secteur du GIEC (1990–2021)	39
Figure 2–7	Variations des émissions de GES par secteur du GIEC (2005–2021)	40
Figure 2–8	Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources de combustion fixes (1990–2021)	42
Figure 2–9	Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES de la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public, 1990–2021 et 2005–2021	43
Figure 2–10	Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Résidentiel, entre 1990 et 2021	46
Figure 2–11	Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Commercial et institutionnel, entre 1990 et 2021	46
Figure 2–12	Degrés-jours de chauffage (DJCh) et émissions de GES des catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel (1990–2021)	47
Figure 2–13	Tendances des émissions canadiennes de GES attribuables aux Transports (1990–2021)	47

Figure 2–14	Facteurs contribuant à la variation des émissions des véhicules légers, 1990–2021 et 2005–2021	50
Figure 2–15	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	51
Figure 2–16	Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources fugitives (1990–2021)	52
Figure 2–17	Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources des Procédés industriels et utilisation des produits (1990–2021).....	55
Figure 2–18	Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources de l'Agriculture (1990–2021)	57
Figure 2–19	Proportions des émissions canadiennes de GES d'origine agricole rejetées sous forme de CH ₄ et de N ₂ O, ou attribuées à l'élevage et aux productions végétales (1990–2021)	58
Figure 2–20	Flux net et principales causes des émissions et des absorptions de GES dans le secteur ATCATF, 1990–2021.....	61
Figure 2–21	Tendances dans les taux annuels de conversion de forêts en terres cultivées, en terres humides et en établissements	63
Figure 2–22	Tendances dans les émissions canadiennes de GES du secteur des Déchets (1990–2021).....	64
Figure 2–23	Méthane produit, évité et rejeté par les sites d'enfouissement de DSM	65
Figure 2–24	Ventilation des émissions de GES du Canada par secteur économique (2021)	68
Figure 2–25	Intensité des émissions selon le type de source du Pétrole et gaz (1990, 2005 et 2021)	70
Figure 3–1	Émissions de GES attribuables à l'utilisation de combustibles.....	76
Figure 4–1	Tendances de la production d'acide nitrique et des émissions de N ₂ O de procédé	124
Figure 4–2	Émissions produites par des HFC utilisés comme substituts à des substances appauvrissant la couche d'ozone, par application	155
Figure 6–1	Zones de déclaration aux fins des estimations du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	198
Figure 6–2	Émissions et absorptions attribuables aux Terres forestières.....	200
Figure 6–3	Émissions et absorptions attribuables aux Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, par composante de peuplement	202
Figure 6–4	Résultats des Recalculs pour les Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	206
Figure 6–5	Émissions du réservoir de Produits ligneux récoltés selon l'approche de décomposition simple	211
Figure 6–6	Émissions et absorptions attribuables aux Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	214
Figure 6–7	Émissions provenant de tourbières converties et aménagées pour l'extraction de la tourbe	225
Figure 6–8	Conversions annuelles de superficies forestières, par utilisation finale des terres	233
Figure 7–1	Déchets enfouis, méthane produit (par matériau source), récupéré et rejeté	237
Figure 7–2	Méthane récupéré du traitement des eaux usées	244
Figure 8–1	Comparaison des tendances d'émissions (RIN 2022 par rapport au RIN 2023)	248

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET UNITÉS COMMUNES

Abréviations

AD.....	atterrissage et décollage
AQ.....	assurance de la qualité
ATCATF.....	Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
BDEE	<i>Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada</i>
CANSIM	Système canadien d'information socio-économique
CDN	contributions déterminées au niveau national
COD	carbone organique dissous
CCNUCC.....	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CE.....	coefficient d'émission
CEE-ONU.....	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CFC.....	chlorofluorocarbure
COVNM.....	composés organiques volatils non méthaniques
CQ	contrôle de la qualité
CUPR.....	Cadre uniformisé de présentation des rapports
DSM	déchets solides municipaux
ECCC.....	Environnement et Changement climatique Canada
GES	gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HCFC	hydrochlorofluorocarbure
HFC.....	hydrofluorocarbure
LCPE 1999.....	<i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999</i>
ND.....	non disponible
OCED.....	Organisation de coopération et de développement économiques
PCA.....	principaux contaminants atmosphériques
PDGES.....	Programme de déclaration des gaz à effet de serre
PFC.....	perfluorocarbure
PIB	produit intérieur brut
PIUP.....	Procédés industriels et utilisation des produits
PLR.....	produits ligneux récoltés
POP	polluant organique persistant
PRP.....	potentiel de réchauffement planétaire
RIN.....	Rapport d'inventaire national
SAO	substance appauvrissant l'ozone
SFC.....	Service canadien des forêts
VKP.....	véhicules-kilomètres parcourus

Formules chimiques

Al	aluminium
CaCO ₃	carbonate de calcium; calcaire
CaMg(CO ₃) ₂	dolomite
CaO	chaux; chaux vive; chaux calcinée
CF ₄	tétrafluorure de carbone
C ₂ F ₆	hexafluorure de carbone
CH ₃ OH	méthanol
CH ₄	méthane
C ₂ H ₆	éthane
C ₃ H ₈	propane
C ₄ H ₁₀	butane
C ₂ H ₄	éthylène
C ₆ H ₆	benzène
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
éq. CO ₂	équivalent de dioxyde de carbone
H ₂	hydrogène
H ₂ O	eau
H ₂ S	sulfure d'hydrogène
HNO ₃	acide nitrique
Mg	magnésium; également mégagramme
MgCO ₃	magnésite; carbonate de magnésium
MgO	magnésite; chaux dolomitique
N	azote
N ₂	azote gazeux
Na ₂ CO ₃	carbonate de sodium
NF ₃	trifluorure d'azote
NH ₃	ammoniac
NH ₄ ⁺	ammonium
NH ₄ NO ₃	nitrite d'ammonium
N ₂ O	oxyde nitreux
N ₂ O-N	émissions d'oxyde nitreux exprimées en tant qu'émissions d'azote
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NO ₃ ⁻	nitrate
NO _x	oxydes d'azote
O ₂	oxygène
SF ₆	hexafluorure de soufre
SiC	carbure de silicium
SO ₂	dioxyde de soufre
SO _x	oxydes de soufre

Clés de notation

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

Unités

g	gramme
Gg	gigagramme
Gt	gigatonne
ha	hectare
kg	kilogramme
kha	kilohectare
km	kilomètre
kt	kilotonne
kWh	kilowattheure
m	mètre
Mg	mégagramme
Mha	million d'hectares
mm	millimètre
ML	mégalitre
Mt	mégatonne
MW	mégawatt
PJ	pétajoule
TJ	térajoule
t	tonne
TWh	térawattheure

RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2021 : SOURCES ET Puits DE GAZ À EFFET DE SERRE

SOMMAIRE

S.1.	Points clés	1
S.2.	Introduction	2
	Le RIN : données probantes scientifiques pour les décideurs	2
S.3.	Survol des émissions nationales de GES	3
	Améliorations méthodologiques	6
S.4.	Émissions de GES et tendances par secteurs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	7
	La principale contribution des données déclarées par les installations aux estimations en matière de GES	10
	Utilisation des mesures atmosphériques 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.	Dispositions prises relativement à l'inventaire national	14
	Références du sommaire	15

S.1. Points clés

- En 2021, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du Canada étaient de 670 mégatonnes d'équivalent de dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO₂), une diminution de 62 Mt (8,4 %) par rapport à 2005 et une augmentation de 12 Mt (1,8 %) par rapport à 2020, mais demeurant à 53 Mt (7,4 %) sous les niveaux d'émissions prépandémiques (2019).
- Les émissions issues de la combustion des Transports et de l'Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 9,0 Mt (5,0 %) et de 4,0 Mt (4,0 %), respectivement, entre 2020 et 2021, tandis que les émissions de Sources de combustion fixes résidentielles et de Sols agricoles ont diminué de 1,5 Mt (4,0 %) et de 1,4 Mt (7,0 %), respectivement.
- L'intensité des émissions de l'ensemble de l'économie canadienne (GES par produit intérieur brut [PIB]) a diminué de 42 % depuis 1990 et de 29 % depuis 2005.
- Bien que la pandémie de COVID-19 ait sans aucun doute eu des répercussions sur les émissions des années récentes, la baisse continue de l'intensité des émissions au fil du temps peut être attribuée au remplacement de combustible, à des augmentations de l'efficacité, à la modernisation des procédés industriels et à des changements structuraux dans l'économie.
- Des améliorations méthodologiques considérables ont été mises en œuvre dans l'estimation des émissions attribuables aux sites d'enfouissement de déchets et aux transports, entre autres, de même que l'inclusion d'une nouvelle source d'émissions fugitives en aval du compteur. En général, la présente édition de l'inventaire intègre des révisions à la baisse de 9,0 Mt en 2005 et de 14 Mt en 2020. 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 Rapport d'inventaire national (RIN) du Canada est un rapport scientifique qui, avec d'autres publications comme la *Huitième communication nationale du Canada* et le *Cinquième rapport biennal* à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), ainsi que le *Plan de réduction des émissions pour 2030 du Canada*, oriente et soutient la prise de décision en vue de réduire les émissions de GES du Canada et de lutter contre les changements climatiques.

S.2. Introduction

La 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 décembre 1992, le Canada a ratifié la Convention, qui est ensuite entrée en vigueur en mars 1994.

Dans son plan pour atteindre son objectif et pour mettre en œuvre ses dispositions, la CCNUCC énonce un certain nombre de principes directeurs et d'engagements. Les articles 4 et 12 obligent notamment 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 tous les GES qui ne sont pas visés par le Protocole de Montréal, sauf pour les hydrofluorocarbures (HFC)¹.

L'Inventaire national de GES du Canada est préparé et présenté à la CCNUCC au plus tard le 15 avril de chaque année conformément aux *Directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe 1 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. Le rapport annuel d'inventaire se compose du RIN et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR).

L'inventaire de GES comprend les émissions et les absorptions de dioxyde de carbone (CO₂), et les émissions de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O), des perfluorocarbures (PFC), des HFC, de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et du trifluorure d'azote (NF₃) 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 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

Le RIN : données probantes scientifiques pour les décideurs

Le premier plan climatique national du Canada, 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 et a 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, et pour permettre au Canada de s'engager sur la voie en vue de l'objectif de carboneutralité d'ici 2050.

En vertu de la LCRMC, le Plan de réduction des émissions 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 et un calendrier pour la mise en œuvre des mesures. S'appuyant sur le Plan, la Stratégie en matière de méthane du Canada (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.

L'Inventaire national de GES officiel 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 notre compréhension scientifique s'améliore.

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

¹ Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone est un accord international sur l'environnement visant à réduire la production et la consommation mondiales des substances appauvrissant l'ozone. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) aide les Parties à atteindre les objectifs du Protocole de Montréal (PNUE, s.d.).

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 l'encadré Améliorations méthodologiques ci-dessous).

En 2021, le Canada a officiellement présenté aux Nations Unies sa contribution déterminée au niveau national (CDN) revue à la hausse, s'engageant à réduire ses émissions de 40 % à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 (consulter l'encadré Le RIN : données probantes scientifiques pour les décideurs ci-dessous).

Conformément aux lignes directrices de la CCNUCC, l'inventaire de GES fait rapport sur les émissions annuelles de 1990 jusqu'à deux années avant sa présentation (p. ex., 2021 pour l'édition de 2023 de l'inventaire). Puisque 2005 a été adoptée comme année de référence pour les objectifs du Canada, plusieurs des paramètres utilisés dans ce rapport sont présentés dans ce contexte, en plus de l'année de référence 1990, comme requis par les directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires.

La section S.3 de ce Sommaire présente les toutes dernières données sur les émissions anthropiques nettes de GES du Canada des récentes années, 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 pour la période allant de 2005 à 2021.

À des fins d'analyse des tendances et des politiques économiques, il est utile de répartir les émissions en fonction du 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 autres². 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 décrit en détail les émissions de GES pour les 13 entités infranationales du Canada. Enfin, la section S.7 fournit des détails sur les composantes du présent rapport et décrit les principaux éléments de sa préparation.

S.3. Survol des émissions nationales de GES

Le Canada représente environ 1,6 % des émissions de GES mondiales (Climate Watch, 2023 pour l'année 2019), ce qui en fait le 10^e plus grand émetteur. Bien que le Canada soit l'un des plus grands émetteurs par habitant, les émissions par habitant ont diminué depuis 2005 de 22,7 t d'éq. CO₂/habitant à 17,5 t d'éq. CO₂/habitant en 2021 (StatCan, s.d.[a]).

Changements dans les émissions totales

Après avoir fluctué ces dernières années, les émissions de GES du Canada sont passées à 670 Mt d'éq. CO₂³ en 2021, une diminution nette de 62 Mt ou 8,4 % par rapport aux émissions de 2005⁴. En règle générale, ces variations d'une année à l'autre se superposent aux tendances observées sur une période à plus long terme. 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 diminué de 42 % depuis 1990 et de 29 % depuis 2005 (Figure S-1). La baisse de l'intensité des émissions peut être attribuable au remplacement de combustible, à des améliorations de l'efficacité, à la modernisation des procédés industriels et aux changements structurels au sein de l'économie.

Les fluctuations récentes des émissions sont décrites ici, tandis que le reste du présent Sommaire et le Chapitre 2 se concentrent sur les tendances et les facteurs les expliquant. La pandémie de COVID-19 a contribué à une diminution abrupte de 64 Mt (9,0 %) en émissions de GES totales entre 2019 et 2020. Ces changements ont été constatés dans de nombreux sous-secteurs de 2019 à 2020, surtout dans les Transports (-31 Mt ou -15 %), les Sources de combustion fixes (-24 Mt ou -7,4 %) et les Sources fugitives (-9,0 Mt ou -14 %). De 2020 à 2021, les principaux contributeurs à la hausse générale ont été le sous-secteur des Transports et la catégorie Extraction de pétrole et de gaz avec des augmentations de 9,0 Mt (5,0 %) et de 4,0 Mt (4,0 %), respectivement. Pendant cette même période, les émissions de la catégorie Sources de combustion fixes résidentielles et de la sous-catégorie Sols agricoles ont diminué respectivement de 1,5 Mt (4,0 %) et de 1,4 Mt (7,0 %).

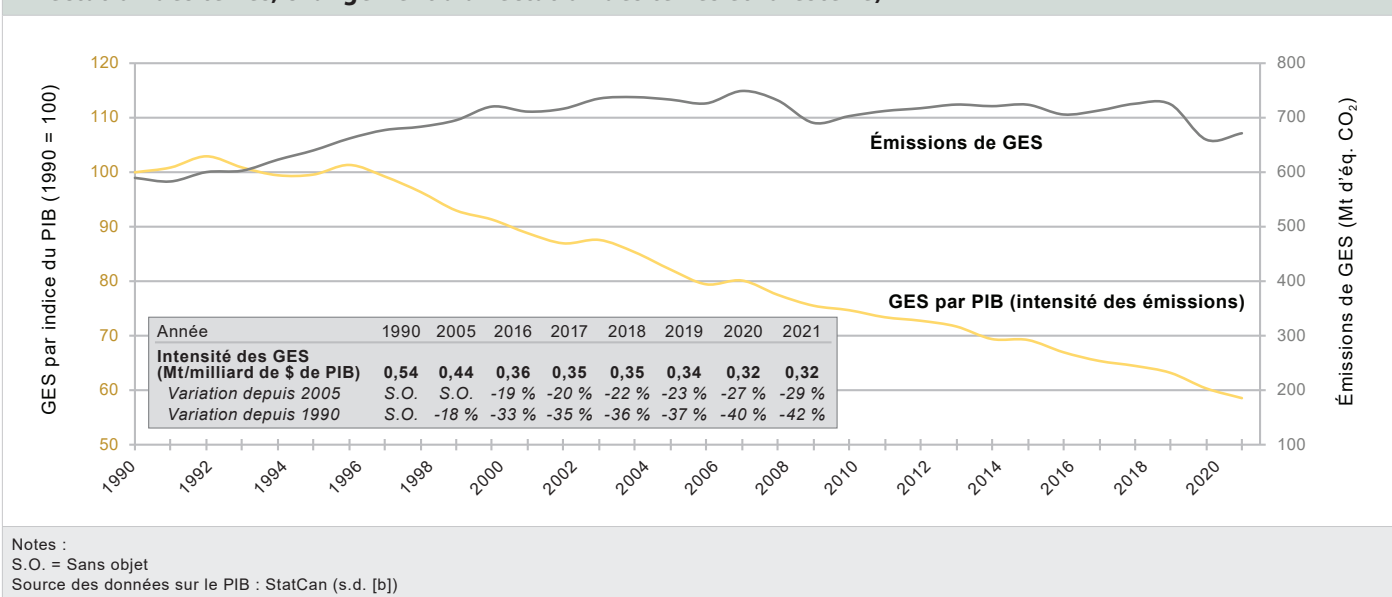
Entre 2019 et 2020, la diminution des émissions dans les Transports a été observée dans le secteur des Véhicules et Camions légers à essence (-15 Mt ou -17 %) et du Transport aérien intérieur (-3,8 Mt ou -45 %). Entre 2020 et 2021, le Transport routier était responsable de la majorité de l'augmentation des émissions dans les Transports (5,2 Mt ou 4,7 %).

² La catégorie « autres » signifie Production de charbon, Industrie manufacturière légère, construction et exploitation forestière.

³ À moins d'indication contraire, toutes les estimations d'émissions exprimées en Mt représentent des émissions de GES en Mt d'éq. CO₂.

⁴ 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.

Figure S-1 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)



Entre 2019 et 2020, la diminution des émissions dans la Production d'électricité et de chaleur du secteur public (-8,1 Mt ou -12 %) était due à une réduction de la consommation de charbon partiellement contrebalancée par une augmentation de la consommation de gaz naturel. La diminution dans les Industries manufacturières (-3,8 Mt ou -8,7 %) peut être partiellement attribuée à des fermetures d'usines. Entre 2020 et 2021, les émissions attribuables à la combustion de la catégorie Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 4,0 Mt (4,0 %), conformément à une hausse de la production de bitume naturel (13 %) et de pétrole brut synthétique (6 %) provenant de l'exploitation des sables bitumineux et de la production de gaz naturel (4 %). Les émissions des Industries manufacturières ont également augmenté de 1,2 Mt (3 %). En revanche, les émissions de la catégorie Résidentiel ont diminué de 1,5 Mt (4,0 %) entre 2020 et 2021, ce qui est majoritairement attribuable à la réduction continue de la consommation de mazout léger. La Production d'électricité et de chaleur du secteur public a également diminué de 1,1 Mt (1,7 %) entre 2020 et 2021, en raison de réductions supplémentaires dans la consommation de charbon.

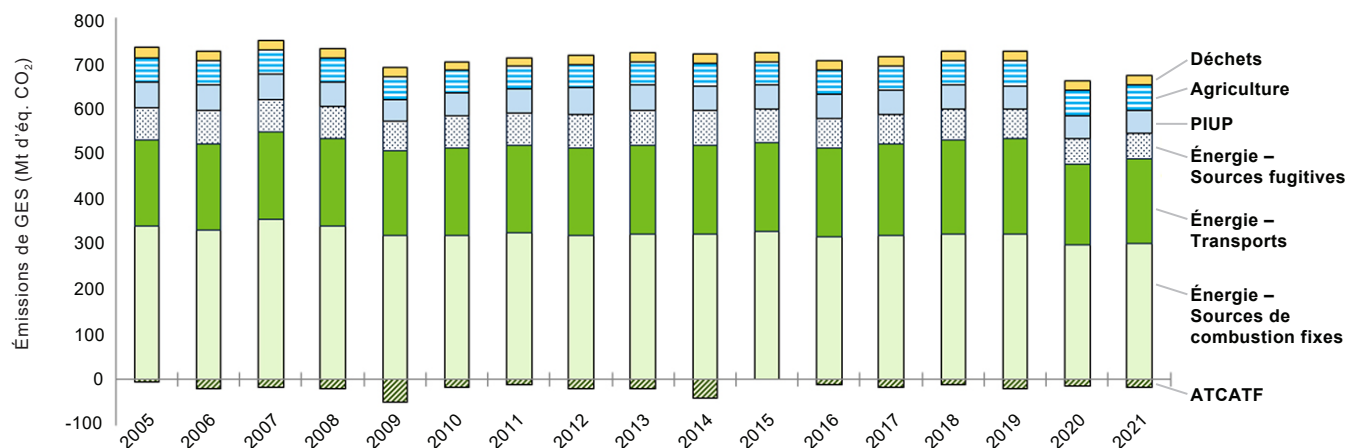
Les fermetures temporaires de certaines usines pendant la première année de la pandémie peuvent aussi expliquer partiellement la diminution entre 2019 et 2020 dans le secteur Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP) (-2,5 Mt ou -4,8 %). Entre 2020 et 2021, les émissions du secteur PIUP ont augmenté de 1,6 Mt (3,1 %), ce qui est principalement attribuable à un retour aux niveaux de production d'avant la pandémie dans certains secteurs.

Pour les Sources fugitives, la diminution des émissions entre 2019 et 2020 comprenait l'évacuation (-6,8 Mt ou -21 %) et les fuites des installations de production et de traitement du pétrole (-1,3 Mt ou -9,9 %) et du gaz naturel (-1,1 Mt ou -9,1 %). Les émissions de sources fugitives sont demeurées stables entre 2020 et 2021.

Dans le sous-secteur Sols agricoles, entre 2020 et 2021, les émissions ont diminué de 1,4 Mt (7,0 %), principalement en raison d'une diminution abrupte dans la production de cultures à la suite de conditions de sécheresse dans les prairies.

Malgré la diminution abrupte de 2019 à 2021, la ventilation des émissions générales par secteur du GIEC n'a pas changé substantiellement au fil du temps (Figure S-2).

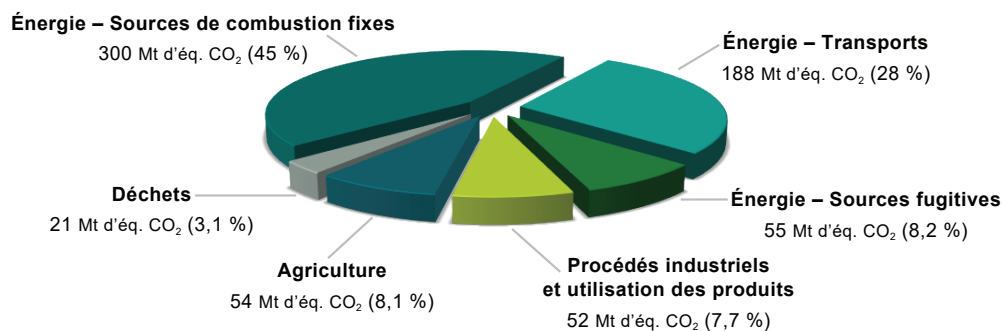
Figure S-2 **Tendances des émissions de GES du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005-2021)**



Répartition des émissions

En 2021, le secteur de l'Énergie (qui englobe les Sources de combustion fixes, les Transports et les Sources fugitives) a produit 543 Mt de GES ou 81 % des émissions totales de GES du Canada (Figure S-3). Le reste des émissions provenaient principalement du secteur de l'Agriculture et du secteur des PIUP (environ 8,1 % et 7,7 % respectivement), avec une contribution du secteur des Déchets (3,1 %). Le secteur ATCATF a absorbé 17 Mt de l'atmosphère.

Figure S-3 **Répartition des émissions du Canada par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2021)**

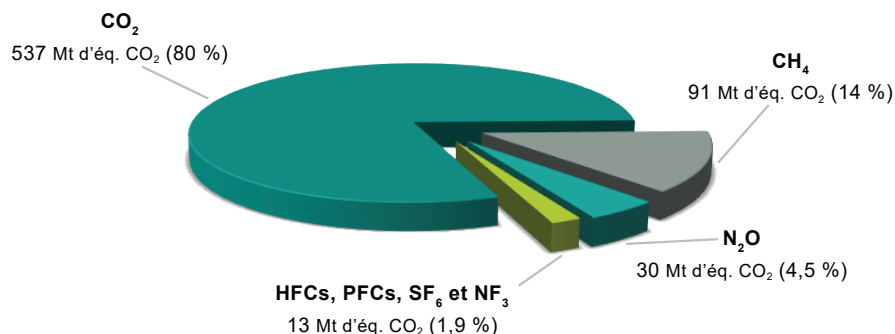


Total : 670 Mt d'éq. CO₂

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

Le profil d'émissions du Canada est similaire à celui de la majorité des pays industrialisés par le fait que le CO₂ contribue le plus aux émissions totales; sa part représentait 537 Mt ou 80 % des émissions totales en 2021 (Figure S-4). La majeure partie des émissions canadiennes de CO₂ proviennent de la combustion de combustibles fossiles. En 2021, les émissions de CH₄ s'élevaient à 91 Mt et représentaient 14 % des émissions totales du Canada. Ces émissions étaient en majeure partie constituées d'émissions fugitives des systèmes de traitement du pétrole et du gaz naturel (37 Mt) ainsi que de l'agriculture (28 Mt) et des sites d'enfouissement (18 Mt). Les émissions de N₂O sont attribuables principalement à la gestion des sols agricoles, représentant 30 Mt ou 4,5 % des émissions canadiennes en 2021. Les émissions de gaz synthétiques (HFC, PFC, SF₆ et NF₃) représentaient légèrement moins de 2 % des émissions nationales.

Figure S-4 Répartition des émissions du Canada par gaz à effet de serre (2021)



Total: 670 Mt d'éq. CO₂

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

Améliorations méthodologiques

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 disponibles. 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; la correction des erreurs; les mises à jour des activités sur les données; l'inclusion de catégories qui n'avaient pas été estimées antérieurement; ou la conformité avec des recommandations découlant d'examen menés dans le cadre du CCNUCC.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) consulte et travaille de façon continue avec des scientifiques et des experts d'organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux, l'industrie, des établissements de recherche et des consultants pour améliorer la qualité de l'inventaire. Une meilleure compréhension et des données peaufinées et plus complètes sont utilisées pour élaborer des méthodes plus exactes et sont intégrées à celles-ci. La mise en œuvre d'améliorations méthodologiques entraîne le recalcul des estimations antérieures pour maintenir une tendance constante dans les émissions et les absorptions.

L'édition 2023 de l'inventaire des GES intègre des améliorations méthodologiques dans les estimations des émissions attribuables aux sites d'enfouissement de déchets (-5,0 Mt en 2020), et au transport routier (-16 Mt en 2020) et hors route (+15 Mt en 2020), entre autres. Une nouvelle source a également été incluse, les émissions fugitives en aval du compteur (environ 1,9 Mt en 2021), qui comprend les fuites d'appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux, de véhicules alimentés au gaz naturel et dans les centrales électriques et les installations industrielles qui consomment du gaz naturel. En général, les recalculs se sont traduits par -9,0 Mt en 2005 et -14 Mt en 2020.

Le Chapitre 8 du présent rapport aborde plus en détail les répercussions des améliorations de l'inventaire actuel sur les tendances dans les émissions générales ainsi que les améliorations prévues. Des améliorations considérables aux estimations de l'inventaire sont escomptées dans les éditions futures du rapport, notamment pour les terres forestières aménagées. Ces changements comprennent des données nouvelles et actualisées sur les zones historiques de récolte au Canada (de 1890 à 1989) qui modifient le niveau et les tendances dans les émissions et les absorptions du secteur des terres et qui ont une incidence, en particulier, sur les cinq provinces ayant les plus grandes industries de produits forestiers. Pour obtenir de plus amples détails sur les améliorations prévues aux ATCATF, se reporter au *Plan d'amélioration concernant les estimations des gaz à effet de serre des forêts et des produits ligneux récoltés*.

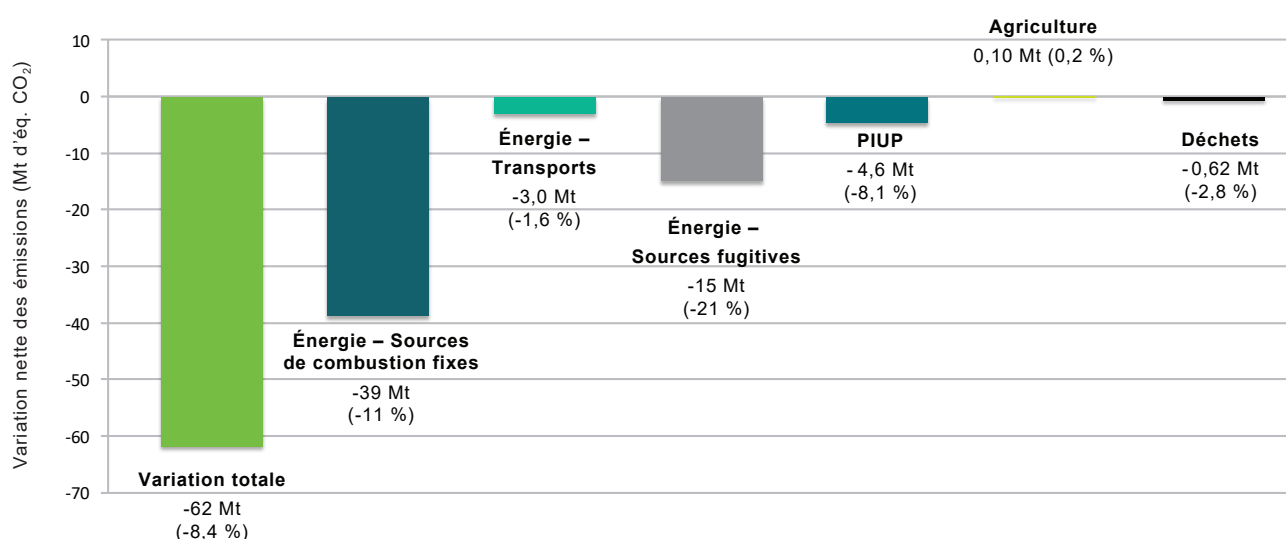
S.4. Émissions de GES et tendances par secteurs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Tendances des émissions

Au cours de la période 2005–2021, les émissions totales ont diminué de 62 Mt ou 8,4 %. Le secteur de l'Énergie a dominé, avec une baisse des émissions de 39 Mt (12 %) dans les Sources de combustion fixes, 15 Mt (21 %) dans les Sources fugitives et de 3,0 Mt (1,6 %) dans les Transports (Tableau S-1). En outre, au cours de la même période, les émissions ont diminué de 4,6 Mt (8,1 %) dans le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits et de 0,62 Mt (2,8 %) dans le secteur des Déchets. Les émissions du secteur de l'Agriculture sont demeurées relativement stables, enregistrant une augmentation de 0,10 Mt ou 0,2 % (Figure S-5).

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 2⁵. Des ventilations supplémentaires des émissions ainsi qu'une série chronologique complète sont présentées en ligne à l'adresse : <http://ouvert.canada.ca>.

Figure S-5 Variations des émissions de GES par secteur du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2005–2021)



Énergie – Émissions de GES de 2021 (543 Mt)

En 2021, les émissions de GES produites par le secteur de l'Énergie du GIEC (543 Mt) ont enregistré une diminution de 9,5 % par rapport à 2005 (600 Mt). Dans le secteur de l'Énergie, une augmentation de 40 Mt (64 %) des émissions de combustion provenant de l'Extraction de pétrole et de gaz et une augmentation de 5,2 Mt (11 %) des émissions provenant d'Autres moyens de transport ont été contrebalancées par une diminution de 64 Mt (52 %) des émissions dues à la Production de chaleur et d'électricité du secteur public, une diminution de 15 Mt (21 %) des Sources fugitives, une diminution de 7,2 Mt (15 %) des émissions provenant de la consommation de combustibles attribuable à la combustion fixe des Industries manufacturières, une diminution de 6,9 Mt (34 %) des émissions dues aux Industries de raffinage du pétrole, une diminution de 6,8 Mt (16 %) des émissions dues au secteur Résidentiel et une diminution de 6,7 Mt (5 %) du Transport routier.

Sources de combustion fixes (300 Mt)

La diminution de la production d'électricité à partir de charbon et de l'utilisation du mazout (de 66 % et 81 %, respectivement) a été un facteur principal à l'origine de la diminution de 64 Mt (52 %) des émissions dues à la Production de chaleur et d'électricité du secteur public entre 2005 et 2021.

5 Le RIN intégral peut être consulté en ligne à l'adresse : <http://www.publications.gc.ca/site/fra/9.502402/publication.html>.

La consommation réduite de charbon en Alberta et en Ontario représentait respectivement 53 % et 39 % de la diminution générale. Des réductions considérables de la consommation de charbon ont également été observées en Saskatchewan (19 % de la consommation provinciale), en Nouvelle-Écosse (21 %), au Nouveau-Brunswick (49 %) et au Manitoba (100 %). La baisse de la consommation de pétrole pour produire de l'électricité au Nouveau-Brunswick (87 %) et en Nouvelle-Écosse (91 %) représentait 91 % de la réduction totale de la consommation de pétrole. Les variations des émissions observées pendant la période sont dues à des changements dans la composition des sources de production d'électricité. Pendant la période visée, la quantité d'émissions produites par les sources de production d'électricité à faibles émissions de l'ensemble des sources de production a augmenté⁶.

L'augmentation de 40 Mt des émissions produites par la consommation de combustibles dans le secteur de l'Extraction de pétrole et de gaz s'explique par une hausse de 215 % de la production de bitume brut et de pétrole brut synthétique des sables bitumineux canadiens depuis 2005.

Depuis 2005, quatre raffineries de pétrole ont fermé définitivement ou ont été transformées en installations terminales, dont une en Ontario (2005), une au Québec (2010), une en Nouvelle-Écosse (2013) et une à Terre-Neuve-et-Labrador (2020), qui ont contribué à une diminution de 6,9 Mt (34 %) des émissions des Industries de raffinage du pétrole.

Les émissions de GES associées à la consommation de combustible dans les Industries manufacturières ont diminué de 7,2 Mt (15 %) entre 2005 et 2021, 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 (-3,8 Mt ou -24 %), les sous-catégories des Pâtes et papiers (-1,7 Mt ou -20 %), du Ciment (-1,6 Mt ou -29 %), des Métaux non ferreux (-0,65 Mt ou -17 %) et de la Sidérurgie (-0,35 Mt ou -6,3 %), par opposition à l'augmentation dans les Produits chimiques (0,94 Mt ou 11 %).

La diminution de 6,8 Mt (16 %) dans les émissions de la catégorie Résidentiel entre 2005 et 2021 est en grande partie associée à une diminution de la consommation de mazout léger dans toutes les provinces et tous les territoires, sauf au Manitoba (augmentation de 10 %). Les diminutions au Québec et en Ontario représentent 84 % de la diminution des émissions provenant du mazout léger, celles des autres provinces et territoires représentant le reste, soit 16 %.

Transports (188 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 utilisent davantage de combustibles et produisent davantage d'émissions. Malgré une réduction du nombre de kilomètres parcourus par véhicule, le parc total de véhicules en 2021 avait augmenté de 27 % depuis 2005, surtout pour les camions (les camions légers et lourds), entraînant dans l'ensemble davantage de kilomètres parcourus.

De 2005 à 2019, les émissions provenant des Transports ont généralement augmenté. De 2019 à 2020, les émissions des Transports ont diminué de 31 Mt, ce qui ramène les émissions de 2020 dans les Transports sous les niveaux de 2005. De 2020 à 2021, les émissions des Transports ont augmenté de 9,0 Mt, ce qui les maintient tout juste sous les niveaux de 2005.

Sources fugitives (55 Mt)

Les Sources fugitives sont incluses dans les émissions attribuables au torchage, à l'évacuation et aux autres 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 du Canada. Depuis 2005, plus de 200 000 puits de pétrole et de gaz ont été forés et le nombre de puits producteurs a augmenté de 8 %. La production de pétrole brut et de gaz naturel a également augmenté de 35 % principalement en raison des sables bitumineux du Canada. Même avec une productivité et une activité accrues, les émissions de Sources fugitives ont diminué de 15 Mt (21 %). Cela comprend une diminution de 5,7 Mt (8,1 %) entre 2005 et 2019 due en grande partie à des mesures visant à accroître la conservation du gaz naturel (principalement composé de CH₄) et une diminution de 9,0 Mt (14 %) entre 2019 et 2020, qui coïncide avec l'entrée en vigueur de mesures fédérales et provinciales visant à réduire les émissions de méthane de l'industrie pétrolière et gazière en amont. Aucun changement important n'a été observé de 2020 à 2021 (-0,23 Mt ou -0,42 %).

Procédés industriels et utilisations des produits – Émissions de GES de 2021 (52 Mt)

Le secteur 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 HFC et de PFC comme réfrigérants pour remplacer des substances appauvrissant l'ozone (SAO). Les émissions du secteur PIUP ont contribué 52 Mt (7,8 %) aux émissions du Canada en 2021.

⁶ La composition des sources de production d'électricité se caractérise par la quantité de combustible fossile utilisée par rapport à l'hydroélectricité, et à d'autres sources d'énergie renouvelable et d'énergie nucléaire. En général, seules les sources de combustibles fossiles produisent des émissions de GES nettes.

Entre 2005 et 2021, les émissions des procédés de la plupart des catégories du secteur PIUP ont diminué. Une exception notable est l'augmentation de 6,4 Mt (125 %) des émissions dues à l'utilisation de HFC pour remplacer les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC). Cependant, depuis 2018, les émissions de HFC ont diminué, principalement dues à une réduction des importations de HFC.

Certaines installations industrielles qui ont connu une fermeture temporaire en 2020 sont retournées à des niveaux de production habituels en 2021, ce qui a entraîné des augmentations des émissions issues des procédés de 0,67 Mt (10 %) pour la Production de ciment et de 0,12 Mt (10 %) pour la Production de chaux, par rapport aux valeurs d'émissions de 2020.

Depuis 2005, les émissions des procédés pour l'industrie sidérurgique ont été réduites de 2,3 Mt (23 %), principalement en raison de la diminution du recours au coke métallurgique comme réducteur lors du procédé de production de fonte brute. Depuis 2005 également, l'industrie de l'aluminium a enregistré une réduction de ses émissions dues aux procédés de 2,8 Mt (33 %), en grande partie grâce à la mise en œuvre d'améliorations technologiques pour réduire les émissions de PFC et à la fermeture de vieilles fonderies faisant appel à la technologie Söderberg, dont la dernière a fermé ses portes en 2015. La fermeture d'usines de production primaire de magnésium en 2007 et en 2008 a également représenté une baisse de 1,1 Mt (89 %) des émissions globales liées aux procédés (-6,3 Mt ou -31 %), observée dans la catégorie de production de métaux entre 2005 et 2021.

La baisse globale de 4,6 Mt (45 %) des émissions de GES provenant des Industries chimiques depuis 2005 découle principalement de la fermeture, en 2009, de l'unique usine canadienne d'acide adipique qui était située en Ontario. Une plus petite proportion (1,0 Mt) de la baisse peut être attribuée à la production d'acide nitrique, principalement associée aux installations d'élimination des émissions de N₂O d'une usine de fabrication d'acide nitrique. Les variations des émissions provenant de l'industrie pétrochimique tout au long de la série chronologique peuvent être attribuées aux fermetures d'installations et aux modifications des capacités de production des installations existantes, comme la fermeture de deux installations de production de méthanol en 2005 et en 2006, et l'augmentation de la production d'éthylène en 2016.

Agriculture – Émissions de GES de 2021 (54 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. Les émissions associées à l'Agriculture ont représenté 54 Mt, ou 8,1 % des émissions totales de GES pour le Canada en 2021.

En 2021, les émissions du secteur de l'Agriculture représentaient 31 % des émissions nationales de CH₄ et 75 % des émissions nationales de N₂O.

Les principaux facteurs influant sur la tendance des émissions dans le secteur de l'Agriculture sont les variations des populations d'animaux d'élevage et l'application d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles dans les Prairies. Depuis 2005, l'utilisation d'engrais a augmenté de 93 %, tandis que les principales populations d'animaux d'élevage, qui étaient à leur maximum en 2005, ont alors diminué de façon marquée jusqu'en 2011. En 2021, les émissions associées à la consommation d'aliments et au processus de digestion (fermentation entérique) du bétail représentaient 45 % des émissions agricoles totales, et l'application d'engrais azotés inorganiques, 20 % des émissions agricoles totales. Les émissions issues de la décomposition des résidus de culture ont diminué de 1,2 Mt (23 %) de 2020 à 2021, en raison de conditions de sécheresse qui ont mené à une baisse marquée dans la production de cultures agricoles dans les prairies.

Déchets – Émissions de GES de 2021 (21 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 21 Mt (3,1 %) des émissions totales du Canada en 2021.

Dans le secteur des Déchets en 2021, les sources principales d'émissions sont l'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement), dont les sites d'enfouissement pour les déchets solides municipaux (DSM) (17 Mt) et le Traitement et rejet des eaux usées (2,6 Mt). En général, les sites d'enfouissement (DSM et déchets ligneux industriels) ont été responsables de 85 % des émissions de Déchets, tandis que le Traitement biologique des déchets solides (compostage), le Traitement et le rejet des eaux usées ainsi que l'Incinération et la combustion à l'air libre des déchets représentaient la part restante, soit 15 %.

En 2021, les émissions de CH₄ provenant des sites d'enfouissement de DSM représentaient 82 % des émissions de tous les Déchets et ont diminué de 5,3 % entre 2005 et 2021. Sur les 30 Mt d'éq. CO₂ de CH₄ générées par les sites d'enfouissement de DSM en 2021, 17 Mt d'éq. CO₂ (58 %) des émissions produites étaient rejetées dans l'atmosphère, tandis que 11 Mt d'éq. CO₂ (36 %) étaient captées par des systèmes de collecte de gaz d'enfouissement et torchées ou utilisées pour produire de l'énergie (comparativement à 29 % en 2005). Le 1,9 Mt (6 %) restant est présumé être oxydé par le matériel de couverture des sites d'enfouissement.

La principale contribution des données déclarées par les installations aux estimations en matière de GES

Les émissions 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 et fédéral du Canada.

Depuis 2004, le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) recueille et publie annuellement l'information sur les émissions de GES déclarées par les installations. 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 et d'aluminium, de même que les volumes de CO₂ captés, transportés, injectés et stockés dans des réservoirs géologiques. 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 les émissions issues de la combustion déclarées par les installations des secteurs de la fabrication de ciment, de fer et d'acier, de fabrication de pâtes et papiers, de production d'électricité et de raffinage de pétrole. Les spécifications techniques du combustible industriel et des matières premières déclarées au PDGES sont également utilisées pour vérifier et améliorer la qualité des émissions issues de procédés industriels. De plus amples renseignements sur l'utilisation des données du PDGES sont fournis dans le Tableau 1–2 du Chapitre 1.

Le bilan énergétique national compilé par Statistique Canada présente tous les ans la disponibilité et l'écoulement de l'énergie, par régions, 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 est en grande partie basé sur les données relatives aux installations collectées par Statistique Canada et est la principale source de données utilisée pour l'estimation des émissions issues de la combustion de carburants du chauffage des locaux à la production d'électricité, en passant par les 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 d'installations par l'entremise de 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 de déclaration de l'inventaire.

Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie – 2021 (absorptions nettes de GES de 17 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 émissions provenant 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 CO₂ et de gaz autres que le CO₂ émises dans l'atmosphère et des quantités de CO₂ absorbées de l'atmosphère. En 2021, ce flux net correspondait à des absorptions nettes de 17 Mt qui, lorsqu'ajoutées aux émissions d'autres secteurs, diminuaient les émissions totales de GES du Canada de 2,6 %.

Au cours des dernières années, les flux nets du secteur ATCATF ont fluctué d'une absorption nette de 49 Mt et de 39 Mt en 2009 et en 2014, respectivement, à une faible source nette d'émissions de 24 kt en 2015. Les variations sont principalement attribuables à la variabilité des rendements des cultures ainsi qu'à des variations des émissions provenant des PLR et des prélèvements sur les Terres forestières, qui sont étroitement liées aux taux de récolte.

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, provenant de la récolte forestière, ont fluctué, passant d'une source nette de 8,2 Mt en 2005 à un puits net de 21 Mt en 2009 (année où la récolte a été la plus faible), et sont demeurés un puits net de 9,1 Mt en 2021. Environ 34 % des émissions des PLR en 2021 provenaient de produits ligneux à longue durée de vie atteignant la fin de leur vie économique des décennies après la récolte du bois. Par conséquent, les tendances en matière d'émissions et de prélèvements dans les PLR et dans les Terres forestières sont donc influencées par les tendances récentes en matière de gestion forestière et par l'impact à long terme des pratiques de gestion forestière au cours des dernières décennies.

Les Terres cultivées ont contribué à des absorptions nettes du secteur des terres pendant la période de déclaration, à l'exception des années de sécheresse ayant eu lieu dans les prairies au début des années 2000, qui ont entraîné des émissions nettes en 2003 (7,8 Mt). 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, notamment la diminution du recours à la jachère. La variabilité interannuelle est élevée tout au long de la série chronologique, compte tenu des incidences liées aux conditions météorologiques sur la production des cultures. Depuis 2005, la 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. L'interprétation des tendances récentes varie en fonction des rendements maximaux occasionnels suivis par des absorptions maximales en 2009 (-36 Mt) et en 2014 (-43 Mt).

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 2021 ont varié autour de 16 Mt.

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

Conformément aux exigences de déclaration de la CCNUCC 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 ont été appelées « descendantes ». La Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour 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).

Une recherche récente a produit des estimations d'émissions de méthane (CH₄) « descendantes » de l'industrie pétrolière et gazière au Canada (Atherton et coll., 2017; Johnson et coll., 2017; Zavala-Araiza et coll., 2018; Chan et coll., 2020; Mackay et coll., 2021; Tyner et Johnson, 2021; Festa-Bianchet et coll., 2023). Les résultats laissent à penser que les méthodes d'inventaire « ascendantes » pourraient sous-estimer certaines sources d'émissions fugitives de méthane associées aux activités pétrolières et gazières. Malgré les améliorations continues dans les données et les méthodes, cette catégorie demeure un problème quant à la surveillance avec des dizaines de milliers d'installations, des centaines de milliers de puits et des milliers de composantes ayant le potentiel d'émettre. Bon nombre d'études récentes mettent en évidence l'importance des « grands émetteurs », un petit nombre d'installations qui contribueraient aux émissions totales de manière disproportionnée.

Résoudre les écarts entre les approches « ascendantes » et « descendantes » pour estimer les émissions de méthane fugitives provenant des activités pétrolières et gazières exige de séparer la contribution des composantes individuelles des émissions totales d'émissions; les approches descendantes ont seulement récemment permis d'atteindre ce niveau de résolution (Johnson et coll., 2021; Johnson et coll., 2023).

ECCC travaille activement avec des chercheurs pour comprendre les écarts entre les approches « ascendantes » et « descendantes » en vue d'améliorer l'exactitude des estimations dans les futures versions du 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	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Mt d'éq. CO ₂						
TOTAL^{a, b}	732	705	712	725	724	659	670
ÉNERGIE	600	577	586	596	596	532	543
a. Sources de combustion fixes	339	315	318	321	322	298	300
Production d'électricité et de chaleur du secteur public	125	82	79	71	70	62	60
Industries de raffinage du pétrole	20	16	15	15	16	13	13
Extraction de pétrole et de gaz	63	94	98	104	104	99	103
Exploitation minière	4,3	4,5	5,1	6,6	6,3	6,0	6,4
Industries manufacturières	48	43	43	43	43	39	41
Construction	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5
Commercial et institutionnel	32	32	34	35	37	36	35
Résidentiel	43	39	40	42	41	38	37
Agriculture et foresterie	2,2	3,2	3,1	3,2	3,5	3,0	3,1
b. Transports	191	196	202	209	210	179	188
Transport aérien	7,7	7,5	7,9	8,7	8,6	4,7	5,6
Transport routier	123	128	129	132	132	111	116
Transport ferroviaire	6,6	6,4	7,3	7,4	7,5	6,9	6,8
Transport maritime	4,0	3,3	3,5	3,5	4,3	3,8	4,4
Autres moyens de transport	49	51	55	57	58	52	55
c. Sources fugitives	70	66	66	66	64	55	55
Exploitation de la houille	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2
Pétrole et gaz naturel	69	65	65	65	63	54	54
d. Transport et stockage du CO₂	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	50	52
a. Produits minéraux	10	7,9	8,6	8,7	8,8	8,2	9,0
b. Industries chimiques	10	6,8	6,3	6,4	6,2	5,9	5,7
c. Production de métaux	20	15	15	15	14	13	14
d. Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃	5,1	11	11	12	12	12	11
e. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant	10	12	11	11	11	10	11
f. Fabrication et utilisation d'autres produits	0,54	0,60	0,63	0,70	0,67	0,72	0,72
AGRICULTURE	54	53	52	53	54	55	54
a. Fermentation entérique	31	24	24	24	24	24	24
b. Gestion des fumiers	8,7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
c. Sols agricoles	13	18	17	19	19	20	19
d. Incinération des résidus agricoles dans les champs	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
e. Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés	1,4	2,5	2,4	2,6	2,7	3,0	3,1
DÉCHETS	22	21	21	21	21	21	21
a. Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement)	18	17	17	17	17	17	17
b. Traitement biologique des déchets solides	0,24	0,32	0,33	0,36	0,36	0,36	0,36
c. Traitement et rejet des eaux usées	1,9	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6
d. Incinération et combustion à l'air libre de déchets	0,35	0,20	0,19	0,18	0,18	0,16	0,15
e. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	1,0	0,78	0,76	0,75	0,73	0,71	0,70
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE	- 5,5	- 11	- 16	- 11	- 19	- 13	- 17
a. Terres forestières	-136	-136	-135	-133	-136	-131	-133
b. Terres cultivées	-22	-17	-23	-22	-18	-16	-18
c. Prairies	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d. Terres humides	3,1	3,1	3,1	2,8	3,1	3,5	3,3
e. Établissements	1,5	2,3	2,2	2,1	1,9	2,1	2,0
f. Produits ligneux récoltés	148	137	137	139	130	128	128

Notes :

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

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 absorptions déclarées dans le secteur ATCATF.

b. Ces données sommaires sont présentées en détail à ouvert.canada.ca.

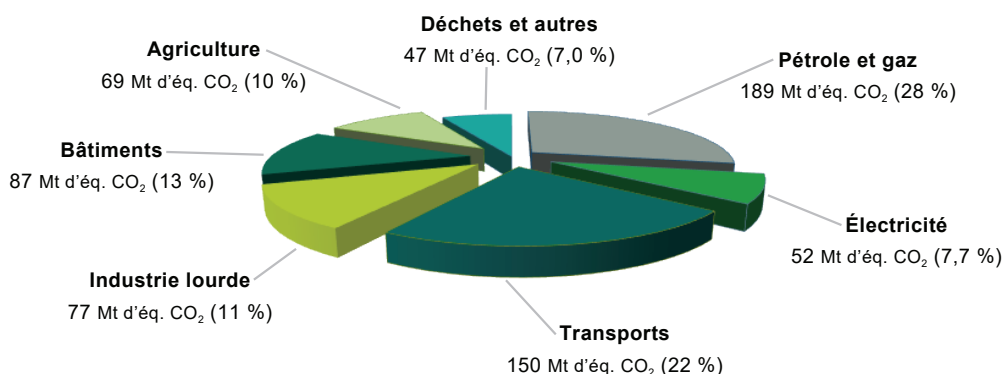
S.5. Secteurs économiques canadiens

À des fins d'analyse des tendances et des politiques économiques, il est utile de répartir les émissions en fonction du secteur économique d'où elles proviennent. En général, le profil complet des émissions d'un secteur économique choisi est déterminé en redistribuant la proportion relative des émissions associées aux différentes catégories du GIEC. Cette redistribution permet simplement de reclasser les émissions dans différentes catégories; elle ne change en rien l'ampleur globale des estimations des émissions canadiennes.

En général, les tendances des émissions de GES dans les secteurs économiques du Canada concordent avec celles décrites pour les secteurs du GIEC. Les secteurs économiques du Pétrole et gaz, de l'Agriculture et des Bâtiments révélaient une augmentation de 21 Mt (12 %), 5,0 Mt (7,7 %) et de 2,3 Mt (2,7 %), respectivement, depuis 2005 (Figure S-6 et Tableau S-2). Ces augmentations ont été davantage contrebalancées par les diminutions des émissions dans les secteurs de l'Électricité (-66 Mt ou -56 %), de l'Industrie lourde (-12 Mt ou -14 %), et des Déchets et autres (-5,1 Mt ou -9,8 %). Depuis 2005, les émissions des Transports ont généralement augmenté, avec une baisse importante depuis 2020. Les émissions dans ce secteur économique sont inférieures aux niveaux de 2005 (-6,7 Mt ou -4,3 %).

Pour plus de renseignements sur les tendances du secteur économique, se reporter au Chapitre 2. La Partie 3 du présent rapport fournit quant à elle de plus amples renseignements sur les définitions des secteurs du GIEC et des secteurs économiques ainsi qu'un tableau de concordances détaillées entre les deux types de secteurs.

Figure S-6 Répartition des émissions de GES du Canada par secteur économique (2021)



Total : 670 Mt d'éq. CO₂

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

	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Mt d'éq. CO ₂						
TOTAL DES ÉMISSIONS NATIONALES DE GES	732	705	712	725	724	659	670
Pétrole et gaz	168	191	194	202	201	183	189
Électricité	118	74	73	63	62	54	52
Transports	157	162	165	169	170	143	150
Industrie lourde	89	78	77	80	79	74	77
Bâtiments	85	85	88	92	93	89	87
Agriculture	64	66	67	69	69	70	69
Déchets et autres	52	48	49	50	50	46	47

Notes :

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

Détails supplémentaires dans la section 4 du Chapitre 2.

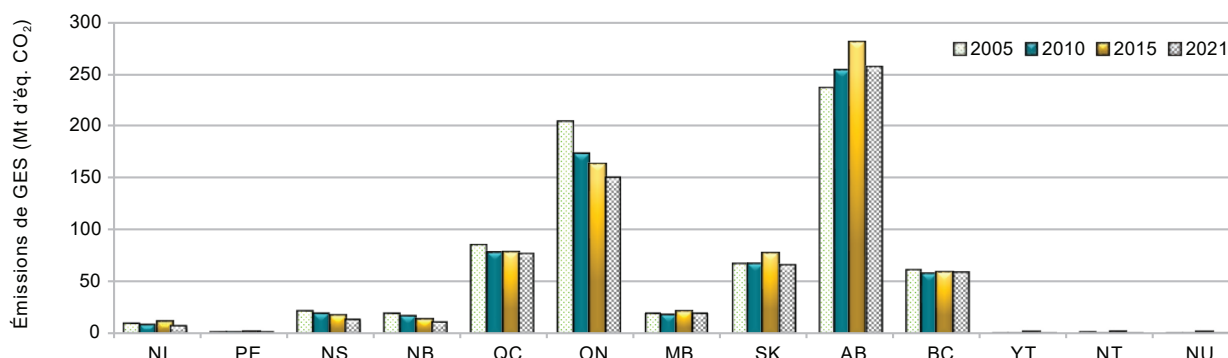
S.6. Émissions de GES des provinces et des territoires

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.

Historiquement, les provinces de l'Alberta et de l'Ontario sont les plus grandes émettrices de GES. Depuis 2005, les profils d'émissions de ces deux provinces ont divergé. Les émissions en Alberta ont augmenté de 20 Mt (8,6 %) depuis 2005, en raison surtout de l'accroissement des opérations pétrolières et gazières (Figure S-7). En revanche, les émissions ont diminué de 53 Mt (26 %) en Ontario depuis 2005, en grande partie grâce à la fermeture des dernières centrales électriques alimentées au charbon en 2014.

De 2005 à 2021, les émissions ont diminué dans la plupart des juridictions infranationales, notamment en Nouvelle-Écosse (-8,2 Mt ou -36 %), au Québec (-8,1 Mt ou -9,4 %), au Nouveau-Brunswick (-7,7 Mt ou -39 %), en Colombie-Britannique (-2,2 Mt ou -3,6 %), à Terre-Neuve-et-Labrador (-1,9 Mt ou -18 %), en Saskatchewan (-0,7 Mt ou -1,0 %), dans les Territoires du Nord-Ouest (-0,44 Mt ou -25 %) et à l'Île-du-Prince-Édouard (-0,25 Mt ou -13 %). Les émissions ont augmenté au Manitoba (0,40 Mt ou 2,0 %), au Yukon (0,09 Mt ou 16 %) et au Nunavut (0,04 Mt ou 7,2 %).

Figure S-7 Émissions par province et territoire en 2005, 2010, 2015 et 2021



S.7. 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 institutionnelles pour la préparation de l'inventaire reposent notamment sur des accords officiels concernant la collecte des données et le calcul des estimations; un plan de gestion de la qualité, comprenant un plan d'amélioration; la définition des catégories clés et la production d'une analyse d'incertitude quantitative; un processus de recalcul à la suite des améliorations; des procédures d'approbation officielles et un système d'archivage permettant de faciliter les examens par des tiers.

La transmission d'informations en ce qui concerne les dispositions relatives à l'inventaire national, y compris de renseignements détaillés sur les dispositions institutionnelles prises pour l'établissement des inventaires, est également une exigence annuelle aux termes des Lignes directrices de la CCNUCC pour la déclaration (Chapitre 1, section 1.2).

Structure de la soumission

Parmi les exigences de la CCNUCC figurent la compilation et la présentation annuelles du RIN et des tableaux du CUPR. Les tableaux du CUPR sont une série de tableaux de données normalisées essentiellement quantitatives transmis par voie électronique. Le RIN contient les renseignements à l'appui des tableaux du CUPR, y compris une description exhaustive des méthodes utilisées pour compiler l'inventaire, les sources de données, les structures institutionnelles et les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité.

La Partie 1 du RIN comprend les Chapitres 1 à 8. Le Chapitre 1 (Introduction) présente un aperçu des dispositions juridiques, institutionnelles et procédurales mises en œuvre par le Canada pour produire l'inventaire (c.-à-d. les dispositions relatives à l'inventaire national), les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité et une description du système canadien de déclaration

des émissions par les installations. Le Chapitre 2 contient une analyse des tendances des émissions de GES au Canada conforme à la structure de production de rapports de la CCNUCC et une ventilation des tendances des émissions par secteur économique du Canada. Les Chapitres 3 à 7 présentent des descriptions et des analyses supplémentaires pour chaque secteur, conformément aux exigences de la CCNUCC en matière de déclaration. Le Chapitre 8 présente un sommaire des nouveaux calculs et des améliorations prévues.

La Partie 2 est constituée des Annexes 1 à 7, qui présentent une analyse par catégorie clé, une évaluation du degré d'incertitude de l'inventaire, des explications détaillées des méthodes d'estimation, le bilan énergétique du Canada, des évaluations du degré d'exhaustivité, les coefficients d'émission et de l'information sur les précurseurs de l'ozone et des aérosols.

La Partie 3 est composée des Annexes 8 à 13, qui contiennent les procédures d'arrondissement des données, des tableaux récapitulatifs des émissions de GES, à l'échelle nationale et pour chaque province et territoire, par secteur et par gaz, de même que d'autres précisions sur l'intensité des émissions de GES découlant de la production d'électricité. Les données sur les GES sont disponibles en ligne sur le site web des données ouvertes du gouvernement du Canada à l'adresse : <https://ouvert.canada.ca/>.

Références du sommaire

Atherton E., D. Risk, C. Fougère, M. Lavoie, A. Marshall, J. Werring, J.P. Williams et C. Minions. 2017. Mobile measurement of methane emissions from natural gas developments in northeastern British Columbia, Canada. *Atmos. Chem. Phys.*, 17: 12405-12420.

Chan E., D.E.J. Worth, D. Chan, M. Ishizawa, M.D. Moran, A. Deldloo et F. Vogel. 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] Climate Watch historical GHG emissions. 2023. Washington (District de Columbia) : World Resources Institute. Disponible en ligne : <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions> (en anglais seulement).

Festa-Bianchet S.A., D.R. Tyner, S.P. Seymour et M.R. Johnson. 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. *Environ. Sci. Technol.* Disponible en ligne : <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.2c06255> (en anglais seulement).

[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 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre du GIEC. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara et K. Tanabe (dir. de publ.). Hayama (Japon): Institute for Global Environmental Strategies. 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*. E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau et S. Federici (dir. de publ.). Genève, Suisse, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html> (en anglais seulement).

Johnson M.R., D.R. Tyner, S. Conley, S. Schwiethzke et D. Zavala-Araiza. 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., D.R. Tyner et A.J. Szekeres. 2021. Blinded evaluation of airborne methane source detection using Bridger Photonics LiDAR. *Remote Sens. Environ.*, 259:112418.

Johnson M.R., D.R. Tyner et B.M. Conrad. 2023. Origins of Oil and Gas Sector Methane Emissions: On-Site Investigations of Aerial Measured Sources. *Environ. Sci. Technol.* Disponible en ligne : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.2c07318> (en anglais seulement).

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

[PNUE] Programme des Nations Unies pour l'environnement. The Montreal Protocol. Sans date. [Consulté le 8 janvier 2021]. Disponible en ligne : <https://www.unenvironment.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol> (en anglais seulement).

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 17-10-0005-01 (anciennement CANSIM 051-0001) : Estimations de la population au 1^{er} juillet, par âge et sexe. [Mise à jour le 21 décembre 2022; consulté le 4 janvier 2023]. 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 (auparavant tableau CANSIM 380-0106) : Produit intérieur brut en termes de dépenses, aux prix constants de 2012, annuel (x 1 000 000) [Mise à jour le 29 novembre 2022; consulté le 3 janvier 2023]. 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 (auparavant tableau CANSIM 128-0006): Industries manufacturières, total annuel de la consommation énergétique de combustibles en gigajoules, 31-33. [Consulté le 6 janvier 2023]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002501&request_locale=fr.

Tyner D.R. et M.R. Johnson. 2021. Where the Methane Is—Insights from Novel Airborne LiDAR Measurements Combined with Ground Survey Data. *Environ. Sci. Technol.*, 55(14): 9773-9783.

Zavala-Araiza D., S.C. Herndon, J.R. Roscioli, T.I. Yacovitch, M.R. Johnson, D.R. Tyner, M. Omara et B. Knighton. 2018. Methane emissions from oil and gas production sites in Alberta, Canada. *Elem. Sci. Anth.*, 6: 27.

INTRODUCTION

1.1.	Changements climatiques et inventaires des gaz à effet de serre	16
1.2.	Dispositions relatives à l'inventaire national du Canada	19
1.3.	Assurance de la qualité, contrôle de la qualité et vérification	24
1.4.	Examen de l'inventaire annuel	29
1.5.	Méthodologies et sources de données	29
1.6.	Catégories clés	30
1.7.	Degré d'incertitude de l'inventaire	31
1.8.	Évaluation de l'exhaustivité	32

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

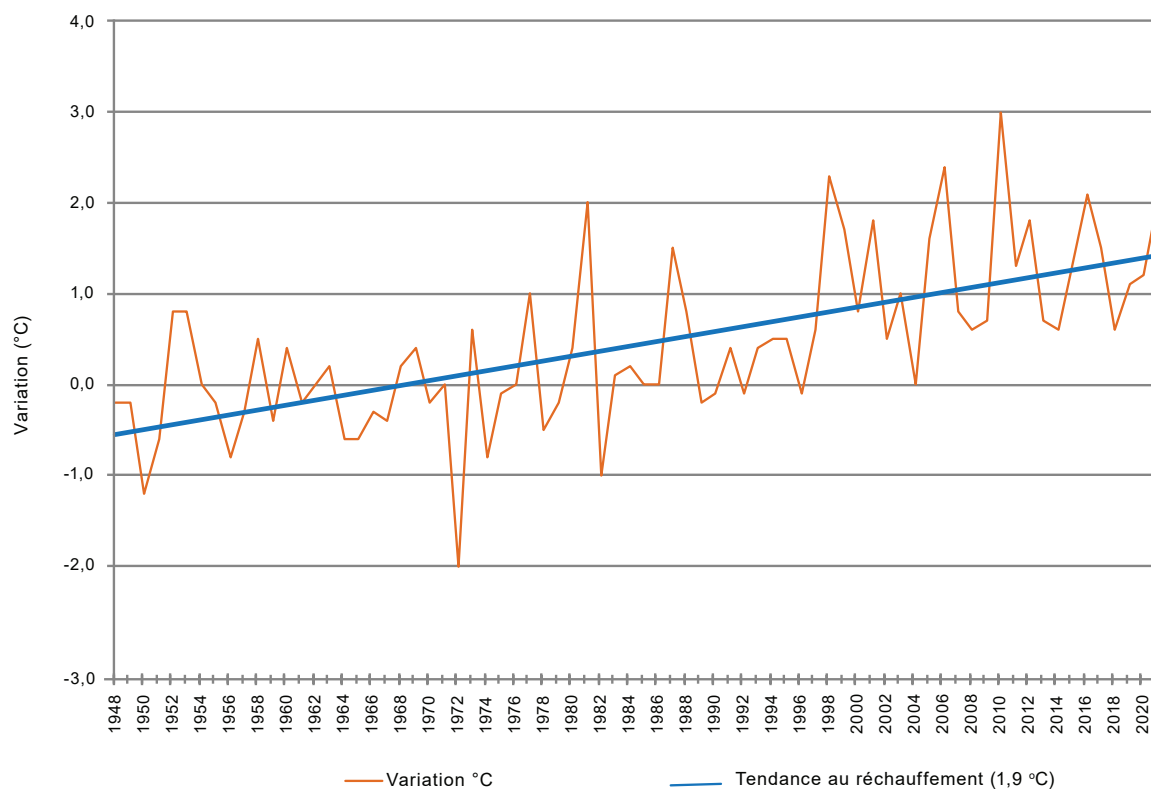
Les changements climatiques sont l'un des enjeux déterminants du XXI^e siècle. Ils sont un problème de portée mondiale qui nécessite le déploiement de mesures à l'échelle internationale. De solides preuves scientifiques, fondées sur un large éventail d'indicateurs, donnent à penser que le climat subit des changements et que le système climatique se réchauffe. Bien que des processus naturels et des activités humaines puissent tous deux être à l'origine des changements climatiques, l'influence humaine sur le système climatique ne fait aucun doute, et les récentes émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) sont les plus élevées jamais enregistrées (GIEC, 2014). Les gouvernements du monde entier se sont engagés à collaborer pour limiter le réchauffement planétaire, reconnaissant que les risques liés au climat augmentent avec l'ampleur du réchauffement et des changements climatiques connexes. Des mesures collectives sont déployées afin que l'objectif de température planétaire puisse être atteint; mais il est toutefois reconnu que cet objectif ne fera que réduire les risques et les répercussions des changements climatiques et ne les éliminera pas.

Les changements climatiques désignent des modifications des conditions météorologiques à long terme. Pour bien comprendre les changements climatiques, il importe d'expliquer clairement la distinction entre les conditions météorologiques et le climat. Les premières sont l'état de l'atmosphère à un moment précis et en un lieu donné. Cette expression est généralement employée lorsque des conditions sur de courtes périodes sont partagées. En revanche, le climat désigne le régime météorologique moyen, généralement établi sur une période de 30 ans, d'une région précise.

Il est maintenant bien connu que les concentrations de GES dans l'atmosphère se sont accrues significativement depuis la période préindustrielle partout sur la planète. Depuis 1750, la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone (CO₂) s'est accrue de 148 %, celle de méthane (CH₄) de 260 % et celle d'oxyde nitreux (N₂O) de 123 %. Un grand nombre d'activités anthropiques et de secteurs économiques y ont participé. Les émissions de CO₂ sont causées principalement par l'utilisation de combustibles fossiles pour produire de l'électricité, alimenter les équipements industriels, servir de matière première pour des procédés industriels, alimenter les trains, les avions et les automobiles et chauffer les édifices résidentiels, commerciaux et institutionnels. Les principales sources de rejets de CH₄ sont l'agriculture, l'exploitation de combustibles fossiles et la combustion de biomasse. Enfin, les émissions de N₂O sont rejetées principalement par la combustion de la biomasse, l'utilisation d'engrais et de divers procédés industriels (OMM, 2020).

Les récents changements climatiques ont eu de vastes répercussions sur les humains et les systèmes naturels (GIEC, 2014). Au Canada, les répercussions des changements climatiques pourraient se traduire par une hausse des phénomènes météorologiques extrêmes, une diminution des ressources d'eau douce, un accroissement des risques et de la gravité des feux de forêt et des infestations d'insectes, une réduction de l'étendue des glaces dans l'Arctique et une accélération de la fonte des glaciers. La température moyenne nationale du Canada pour l'année 2021 était de 2,1 °C au-dessus de la moyenne de référence (moyenne de 1961-1990) (voir la Figure 1-1). Les températures moyennes annuelles sont demeurées au-dessus de la moyenne de référence depuis 2005, présentant une tendance au réchauffement de 1,9 °C au cours des 74 dernières années (ECCC, 2022).

Figure 1-1 Variations des températures annuelles au Canada et tendance à long terme, 1948–2021



Note:
Source des données : (ECCC, 2022)

1.1.1. 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 faciliter l'atteinte de son objectif et la mise en œuvre de ses dispositions, la CCNUCC énonce un certain nombre de principes directeurs et d'engagements obligeant les gouvernements à rassembler et à mettre en commun des renseignements sur les émissions de gaz à effet de serre, les politiques nationales et les meilleures pratiques, à mettre en œuvre des mesures de réduction des émissions des GES et des mesures d'adaptation face aux impacts prévus des changements climatiques et, enfin, à unir leurs efforts pour mieux s'adapter à ces impacts. Les articles 4 et 12 de la Convention et la Décision 24/CP.19 obligent notamment les Parties à établir, mettre à jour régulièrement¹, publier et mettre à la disposition de la Conférence des Parties (CdP) leurs inventaires nationaux des émissions anthropiques² par sources, et des absorptions par puits, de tous les GES non réglementés par le Protocole de Montréal³, conformément aux exigences particulières, à l'exception des hydrofluorocarbures (HFC).

Le présent Rapport d'inventaire national (RIN) des GES réunit les estimations des émissions annuelles de GES du Canada pour la période 1990–2021. Ce document ainsi que les tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR) constituent la soumission de 2023 du Canada à la CCNUCC. Le RIN et les tableaux du CUPR ont été préparés conformément à la version révisée des *Lignes directrices pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe I de la Convention, première partie : Lignes directrices de la CCNUCC pour la notification des inventaires annuels* (ci-après appelées Lignes directrices de la CCNUCC), adoptées par la Conférence des Parties lors de sa dix-neuvième session en 2013.

1 Les Parties visées à l'annexe I doivent présenter chaque année un inventaire national, au plus tard le 15 avril.

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

3 Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone est un accord environnemental international visant à réduire la production et la consommation mondiale de substances appauvrissant la couche d'ozone. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) aide les Parties à atteindre les objectifs du Protocole de Montréal (PNUE, s.d.).

1.1.2. Les gaz à effet de serre

Le présent rapport réunit des estimations des émissions et absorptions des GES suivants au Canada : CO₂, CH₄, N₂O, perfluorocarbures (PFC), HFC, hexafluorure de soufre (SF₆) et trifluorure d'azote (NF₃). En outre, et conformément aux Lignes directrices de la CCNUCC sur la production de rapports, l'Annexe 7 fournit le lien Internet pour trouver des informations sur les précurseurs de l'ozone et d'aérosols suivants : le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les oxydes de soufre (SO_x).

Dioxyde de carbone

Le CO₂ est un gaz incombustible, incolore et inodore qui se forme durant la respiration, la combustion et la décomposition de substances organiques et lors de la réaction entre des acides et des carbonates. Il est présent dans l'atmosphère terrestre à de faibles concentrations et agit en tant que gaz à effet de serre. Le cycle du carbone est composé d'importants flux et réservoirs de carbone; par ceux-ci, le CO₂ est constamment retiré de l'air par absorption directe dans l'eau et par les végétaux en raison de la photosynthèse. Il est également libéré naturellement dans l'air par la respiration des plantes et des animaux, la décomposition des végétaux et de la matière organique du sol, et le dégagement gazeux à la surface de l'eau. De petites quantités de CO₂ sont aussi injectées directement dans l'atmosphère par les émissions volcaniques et par de lents processus géologiques tels que l'érosion des roches (Hengeveld et al., 2005). Bien que les émissions anthropiques de CO₂ soient relativement de faible proportion par rapport à la quantité qui entre et sort de l'atmosphère en raison des flux naturels de carbone (proportion de 1/20) (Hengeveld et al., 2005), il semble maintenant que les activités humaines modifient considérablement cet équilibre naturel. Cette constatation semble évidente en raison de la hausse constante des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère à l'échelle planétaire, mesurées depuis la période préindustrielle (Hengeveld et al., 2005). Les sources anthropiques d'émissions de CO₂ comprennent la combustion de combustibles fossiles et de biomasse pour la production d'énergie, le chauffage et la climatisation des bâtiments, les transports, les changements d'affectation des terres, incluant la déforestation, et d'autres procédés industriels, comme la production de ciment.

Méthane

Le CH₄ est un gaz incolore, inodore, inflammable et se présente sous la forme du plus simple hydrocarbure. Il est présent dans l'atmosphère terrestre à de faibles concentrations et il agit en tant que GES. Le CH₄, habituellement sous forme de gaz naturel, est utilisé comme matière première dans l'industrie chimique (p. ex., production d'hydrogène et de méthanol) et comme carburant à différentes fins (p. ex., chauffage des maisons et utilisation des véhicules). Le CH₄ est produit à l'état naturel durant la décomposition des végétaux ou d'autre matière organique en l'absence d'oxygène, et est libéré par les terres humides (incluant les rizières) et par le processus digestif de certains insectes et autres animaux comme les termites, les moutons et les bovins. Le CH₄ est également libéré à partir de procédés industriels, de l'extraction de combustibles fossiles, de l'exploitation du charbon, de la combustion incomplète de combustibles fossiles et de la décomposition des déchets dans les sites d'enfouissement.

Oxyde nitreux

Le N₂O est un gaz incolore qui dégage une odeur sucrée, est ininflammable et est plus lourd que l'air. Utilisé en tant que produit anesthésique en dentisterie et en chirurgie et en tant qu'agent propulseur dans les aérosols, le N₂O est le plus souvent produit en chauffant le nitrate d'ammonium (NH₄NO₃). Il est également libéré naturellement par les océans, par l'activité bactérienne du sol et par des déchets d'origine animale. Les autres sources d'émission de N₂O comprennent la production industrielle de nylon et d'acide nitrique, la combustion de combustibles fossiles et de biomasse, les pratiques de travail du sol et l'utilisation d'engrais commerciaux et organiques.

Perfluorocarbures

Les PFC forment une classe de substances chimiques d'origine humaine composées uniquement de carbone et de fluor. Ces puissants gaz à effet de serre ont été introduits en vue de remplacer les substances appauvrissant l'ozone (SAO), telles que les chlorofluorocarbures (CFC) qui entrent dans la fabrication des semiconducteurs. Les PFC sont aussi utilisés comme solvants dans l'industrie des produits électroniques et comme frigorigène dans certains systèmes de réfrigération spécialisés. En plus d'être libérés durant leur utilisation, ils sont émis en tant que sous-produit durant la production d'aluminium.

Hydrofluorocarbures

Les HFC forment une classe de composés chimiques d'origine humaine qui contiennent du fluor, du carbone et de l'hydrogène; ces composés sont de puissants GES. Puisque les HFC n'appauvrissent pas la couche d'ozone, ils sont souvent utilisés pour remplacer les substances appauvrissant l'ozone (SAO), telles que les chlorofluorocarbures (CFC), les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et les halons dans diverses applications comme la réfrigération, l'extinction des incendies, la fabrication de semiconducteurs et le gonflement de la mousse.

Hexafluorure de soufre

Le SF₆ est un gaz synthétique incolore, inodore et non toxique, sauf s'il est exposé à des températures extrêmes. Il agit en tant que GES en raison de sa très grande capacité de rétention de la chaleur. Le SF₆ est principalement utilisé dans l'industrie de l'électricité en tant que gaz isolant pour les équipements à haute tension. Il est aussi utilisé comme gaz de couverture dans l'industrie du magnésium pour prévenir l'oxydation (combustion) du magnésium en fusion. En plus petites quantités, le SF₆ est utilisé pour la fabrication de semiconducteurs dans l'industrie des produits électroniques et il peut être utilisé comme gaz traceur au cours d'études sur la dispersion des gaz dans des environnements industriels et de laboratoire.

Trifluorure d'azote

Le NF₃ est un gaz incolore et ininflammable, utilisé dans l'industrie de l'électronique en remplacement des PFC et du SF₆. Il présente un pourcentage de conversion plus élevé en fluor — matière active dans le procédé industriel — que les PFC et le SF₆, pour la même quantité, dans la production électronique. Il est utilisé dans la fabrication de semiconducteurs, de panneaux d'affichage à cristaux liquides (ACL) et d'applications photovoltaïques. Le NF₃ est décomposé in situ en azote et en fluor gazeux, et les radicaux de fluor résultants constituent les agents nettoyants actifs qui s'attaquent au silicium polycristallin. Le NF₃ est en outre utilisé dans les lasers au fluorure d'hydrogène et au fluorure de deutérium, qui sont des types de lasers chimiques (CCNUCC, 2010).

1.1.3. Potentiel de réchauffement planétaire

Chaque gaz à effet de serre a une durée de vie dans l'atmosphère et un potentiel de rétention de chaleur qui lui est propre. L'effet de forçage radiatif⁴ 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 la transformation chimique du gaz d'origine produit des GES 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 CO₂. 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 CO₂, de même que pour caractériser les émissions de gaz à effet de serre en fonction de la quantité de CO₂ 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. CO₂). Pour obtenir cette valeur, la quantité de gaz est multipliée par le PRP qui lui est associé. Cette normalisation en fonction de l'éq. CO₂ permet de quantifier les « émissions nationales totales » exprimées sous forme d'éq. CO₂.

Le GIEC élabore et met à jour les PRP pour tous les GES, généralement tous les 6 ou 7 ans. 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. Conformément à la Décision 24/CP.19, dans ce rapport, les valeurs de PRP sur 100 ans recommandées par le GIEC dans son Quatrième rapport d'évaluation (Tableau 1–1) sont utilisées. Suivant les modalités, procédures et lignes directrices (MPLD) du cadre de transparence amélioré en vertu de l'Accord de Paris (annexe de la décision 18/CMA.1), les valeurs de PRP seront mises à jour dans l'édition 2024 du RIN pour qu'elles correspondent à celles du cinquième rapport d'évaluation du GIEC (GIEC, 2014). Par exemple, le PRP du méthane (CH₄) sur 100 ans, utilisé dans le présent inventaire, est de 25; ainsi, le rejet de 100 kilotonnes (kt) de méthane est l'équivalent de 25 × 100 kt = 2 500 kt d'éq. CO₂.

1.2. Dispositions relatives à l'inventaire national 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 tous les GES qui ne sont pas visés par le Protocole de Montréal 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, comprenant les ententes officielles avec les contributeurs et les descriptions des rôles et des responsabilités de ceux-ci à la préparation et à la présentation de l'inventaire national de GES, sont documentées de façon complète dans les archives de l'inventaire du Canada.

4 Le terme « forçage radiatif » désigne l'ordre de grandeur du potentiel de piégeage de la chaleur d'un GES donné. 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	CH ₄	25	12 ± 1,8
Oxyde nitreux	N ₂ O	298	114
Hexafluorure de soufre	SF ₆	22 800	3 200
Trifluorure d'azote	NF ₃	17 200	740
Hydrofluorocarbures (HFC)			
HFC-23	CHF ₃	14 800	270
HFC-32	CH ₂ F ₂	675	4,9
HFC-41	CH ₃ F	92	2,4
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	1 640	15,9
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	3 500	29
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1 100	9,6
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1 430	14
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	353	3,5
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	4 470	52
HFC-152	CH ₂ FCH ₂ F	53	0,60
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	124	1,4
HFC-161	CH ₃ CH ₂ F	12	0,3
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	3 220	34,2
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1 340	13,6
HFC-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃	1 370	10,7
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	9 810	240
HFC-245ca	CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	693	6,2
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1 030	7,6
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	794	8,6
Perfluorocarbures (PFC)			
Perfluorométhane	CF ₄	7 390	50 000
Perfluoroéthane	C ₂ F ₆	12 200	10 000
Perfluoropropane	C ₃ F ₈	8 830	2 600
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	8 860	2 600
Perfluorocyclobutane	c-C ₄ F ₈	10 300	3 200
Perfluoropentane	C ₅ F ₁₂	9 160	4 100
Perfluorohexane	C ₆ F ₁₄	9 300	3 200
Perfluorodécane	C ₁₀ F ₁₈	7 500	1 000
Perfluorocyclopropane	c-C ₃ F ₆	17 340	1 000
Notes:			
a. Source des données: (GIEC, 2012)			
b. Le PRP du méthane tient compte des effets indirects de l'augmentation de l'ozone et de la vapeur d'eau stratosphérique.			

La Division des inventaires et des rapports sur les polluants 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 de l'agent de coordination de l'inventaire national :

Lindsay Pratt, Directeur

Division des inventaires et rapports sur les polluants

Direction des sciences et de l'évaluation des risques

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 du processus d'inventaire utilisé par la Division des inventaires et rapports sur les polluants est présenté dans la section 1.2.2 Modalités de préparation de l'inventaire.

1.2.1. 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 gouvernementaux, 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.

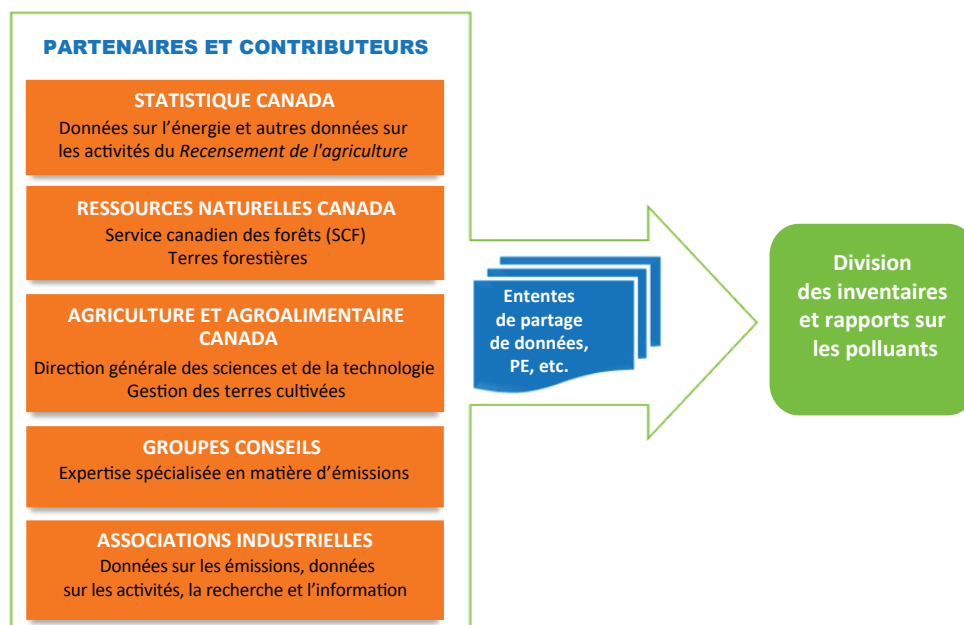
La Figure 1–2 montre les divers partenaires et contributeurs à l'inventaire national du Canada et leur contribution à la préparation de celui-ci.

1.2.1.1. 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 l'écoulement de l'énergie au Canada* (BDEE). Le bilan énergétique se fonde sur diverses études de Statistique Canada, dont l'enquête annuelle sur la *Consommation industrielle d'énergie* (CIE), qui est un sondage complet concernant la consommation énergétique des 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 de l'Université Simon Fraser examinent la qualité et les aspects techniques relatifs aux données du Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement de l'énergie au Canada et sur l'enquête

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.

annuelle sur la Consommation industrielle d'énergie et fournissent des avis, des orientations et des recommandations en vue d'améliorer le bilan énergétique. Aux annexes 3 et 4 du présent rapport, d'autres renseignements sur l'utilisation des données du bilan énergétique lors de l'élaboration des estimations de la consommation d'énergie s'y retrouvent.

Statistique Canada recueille également d'autres données sur l'énergie, provenant des secteurs de l'exploitation minière et de la production d'électricité ainsi que d'autres industries non reliées à l'énergie, dont l'industrie pétrochimique. En plus, il 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.

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

ECCC a confié des responsabilités officielles à Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et au Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (SCF de RNCan) pour l'élaboration d'éléments clés du secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (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 (déforestation). Le Groupe 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 pour le secteur de l'Agriculture de l'inventaire.

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 et s'assure de la cohérence des estimations fondées sur les terres au moyen d'un système de représentation intégrée des terres.

1.2.1.3. Autres ententes

RNCan, en plus d'apporter son appui aux estimations pour le secteur ATCATF (voir section 1.2.1.2), fournit expertise et analyse en matière d'énergie, effectue des examens d'expert pour le secteur de l'Énergie, et recueille et fournit des données d'activité sur la production minérale, la consommation d'éthanol et les résidus de bois. Les données sur les véhicules routiers, comme l'efficacité énergétique et le taux de conduite, sont fournies par Transports Canada et RNCan.

Dans le cadre de son Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre (PDGES), ECCC recueille annuellement les données sur les émissions de GES auprès des installations qui émettent d'importantes quantités de GES. Ces données sur les émissions de GES des installations sont utilisées directement dans les estimations de l'inventaire national pour quelques secteurs précis et jouent un rôle clé dans le processus global d'établissement de l'inventaire; en effet, elles sont utilisées pour comparer et vérifier certaines estimations de l'inventaire dans le RIN. Pour obtenir plus d'information sur les données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES, veuillez consulter la section 1.3.4.1.

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 CO₂, les PFC et le SF₆. Puisque le PDGES fournit une partie de ces données depuis 2017, l'objectif de l'entente avec l'AAC a évolué; celle-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 SF₆ et d'autres éléments liés aux systèmes de transport de l'électricité.

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.

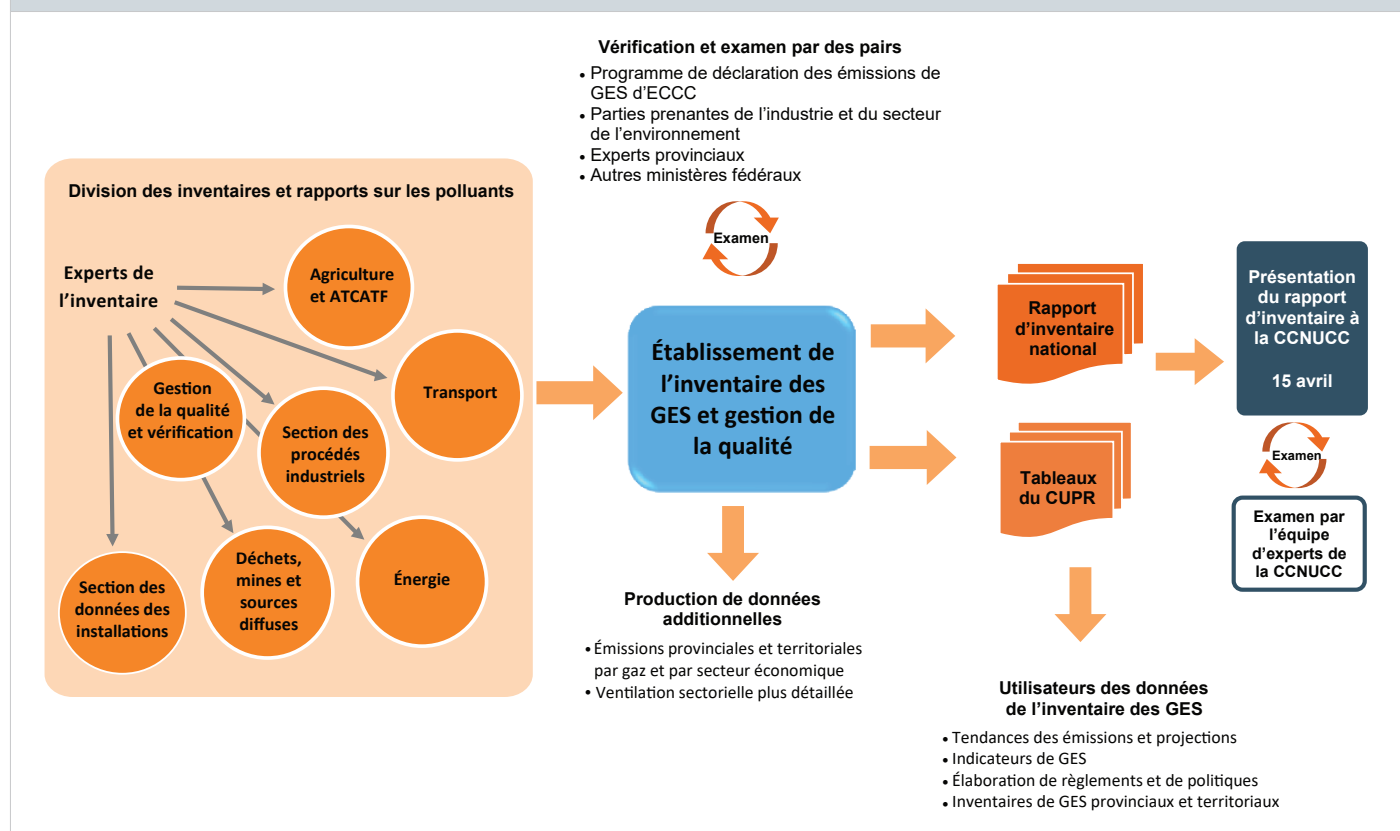
1.2.2. Processus de préparation de l'inventaire

La Division des inventaires et rapports sur les polluants (DIRP) d'ECCC, avec la contribution de nombreux experts et scientifiques canadiens, compile des données, dresse un inventaire et publie le rapport d'inventaire annuel du Canada. Les différentes étapes du processus de préparation de l'inventaire sont illustrées à la Figure 1–3.

L'inventaire est établi d'après un processus continu d'améliorations, de perfectionnements et d'examen méthodologiques, en conformité avec les plans de gestion et d'amélioration de la qualité. La Section de la vérification et de la gestion de la qualité de la Division des inventaires et rapports sur les polluants est chargée de préparer le calendrier de préparation de l'inventaire, qui peut être modifié chaque année à la lumière des renseignements tirés du précédent cycle d'inventaire, des suivis d'AQ/CQ, du rapport de révision de la CCNUCC, du contexte de la collecte de données et de la collaboration avec les gouvernements provinciaux et territoriaux. Ce processus est réalisé en collaboration et en consultations continues avec d'autres experts en matière d'inventaire (voir la Figure 1–3).

L'élaboration de l'inventaire commence en général en février, lorsque les experts en matière d'inventaire planifient leur travail relatif à la méthodologie et aux CE qu'ils réviseront, établiront et/ou préciseront pendant le cycle suivant, d'après les résultats des étapes susmentionnées. Les révisions d'AQ des méthodologies et des CE ciblent généralement les catégories pour lesquelles des révisions sont prévues ou des changements de méthodologie ou de CE sont proposés. Puis, de mai à octobre, la collecte des données commence lorsque les rôles et les responsabilités sont définis. Les méthodes sont finalisées avant la fin du mois de septembre, et le processus de collecte de données est terminé vers la mi-novembre. Les données utilisées pour établir l'inventaire national sont généralement tirées de sources publiées, mais certaines doivent demeurer confidentielles. Elles sont recueillies auprès des organismes sources, sont soumises à un contrôle de la qualité et sont saisies dans des systèmes de quantification des émissions, dont des feuilles de calcul, des bases de données et d'autres types de modèles. En novembre et en décembre, des estimations préliminaires sont établies par des experts en matière d'inventaire désignés et examinées à l'interne. Dans les quelques mois qui suivent, le texte du RIN est rédigé et les tableaux du CUPR sont préparés par des experts en matière d'inventaire et d'autres membres de la Division des inventaires et rapports sur les polluants, selon les exigences de déclaration détaillées de la CCNUCC. Les vérifications de CQ et les estimations sont réalisées avant que le rapport et les estimations des émissions soient publiés. Le processus de l'inventaire comprend aussi l'évaluation des catégories clés, l'évaluation de l'exhaustivité, des recalculs, le calcul des incertitudes et la préparation de leur documentation connexe, qui sont tous achevés avant mars.

Figure 1–3 **Processus de préparation de l'inventaire**



Entre les mois de janvier et de mars, l'inventaire compilé est révisé à l'interne, puis certaines de ses composantes sont révisées à l'externe par des spécialistes, des organismes gouvernementaux et des gouvernements provinciaux/territoriaux, après quoi la dernière main est mise au RIN. Les commentaires issus de l'examen sont documentés et, au besoin, incorporés dans le RIN et les tableaux du CUPR, qui sont présentés à la CCNUCC par voie électronique avant le 15 avril de chaque année. Une fois que le rapport est finalisé, le RIN est traduit en français.

Plusieurs étapes se chevauchent dans l'inventaire. Par exemple, vers les mois de février et de mars, tandis que l'équipe responsable de la publication du rapport achève la rédaction de l'ébauche du RIN de l'année en cours et sa mise en page, les experts en matière d'inventaire commencent déjà à travailler sur les améliorations à apporter à la méthodologie en vue de la prochaine édition.

Tous les documents pertinents à la préparation et à la publication de l'inventaire des GES du Canada sont archivés conformément aux *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (ci-après appelées « Lignes directrices 2006 du GIEC ») (GIEC, 2006) et à la *Politique sur la gestion de l'information* du Canada (Conseil du Trésor du Canada, 2012). Le Canada tient à jour des archives électroniques et une bibliothèque de référence pour ces documents.

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

Le processus d'examen et d'approbation comprend la prestation de séances d'information à de hauts fonctionnaires de différents ministères avant que le rapport soit présenté au ministre de l'Environnement et du Changement climatique. Une fois que le rapport a été révisé et/ou approuvé, l'agent de coordination de l'inventaire national prépare une lettre de présentation qui accompagnera le RIN et les tableaux du CUPR, lesquels seront ensuite soumis par voie électronique à la CCNUCC.

1.2.4. Traitement des questions de confidentialité

Les renseignements confidentiels désignent tout renseignement pouvant directement ou indirectement identifier un particulier, une entreprise ou une organisation. Durant la préparation de l'inventaire, des procédures sont en place pour assurer la confidentialité des données sur les sources, au besoin. Par exemple, certaines émissions sont additionnées jusqu'à un niveau permettant d'éliminer les enjeux de confidentialité; dans certains cas, les émissions issues de la catégorie des Terres cultivées sont additionnées pour toutes 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, qui sont utilisées pour 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. Cela permet de s'assurer que les données statistiques agrégées qui sont divulguées ou publiées ne permettent pas 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 utilisées pour établir certaines estimations de l'inventaire, l'agrégation est appliquée au besoin pour veiller à ce que les renseignements considérés comme confidentiels propres à chaque installation ne soient pas divulgués.

1.2.5. Changements dans les dispositions relatives à l'inventaire national depuis la présentation du précédent inventaire annuel des GES

Aucun changement n'a été apporté aux dispositions relatives à l'inventaire national depuis la présentation du précédent inventaire annuel des GES.

1.3. 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 exigences de la CCNUCC 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.

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

L'élaboration de l'inventaire des GES du Canada est fondée 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, un plan d'amélioration de l'inventaire, des processus de création, de documentation et d'archivage de l'information, un processus normalisé pour la mise en œuvre des changements de méthodes, la définition des principaux rôles et principales responsabilités ainsi qu'un échéancier pour la réalisation des diverses tâches et activités liées au RIN.

1.3.2. 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.

La préparation d'une documentation sur les procédures d'AQ/CQ se situe au cœur du plan. Des listes de contrôle normalisées sont utilisées pour décrire de façon cohérente et systématique la totalité des activités d'AQ/CQ effectuées au cours du processus de préparation et de présentation de l'inventaire annuel. 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.

1.3.2.1. Procédures de contrôle de la qualité

Les procédures de CQ comprennent des vérifications techniques périodiques afin de mesurer et de contrôler la qualité de l'inventaire, de garantir la cohérence, l'intégrité, l'exactitude et l'exhaustivité des données et de 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 d'inventaire, dont l'acquisition et la manipulation des données, l'application des procédures et méthodes approuvées et le calcul des estimations et leur documentation.

Des experts en matière d'inventaire effectuent systématiquement chaque année une série de vérifications de la qualité de niveau 1, conformément au volume 1, section 6.6, des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), des catégories clés et de tous les secteurs. Avant la présentation du rapport, les documents finaux du RIN (français et anglais) font l'objet de CQ généraux, des contrôles de la qualité sont effectués sur les données saisies dans l'outil en ligne du CUPR par le compilateur et l'examineur de l'inventaire, et les tableaux sont examinés par les experts des secteurs, pour la série chronologique complète des tableaux du CUPR. 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 disponibles et des paramètres associés aux émissions ou aux absorptions.

Pour faciliter ces vérifications de niveau 1, des listes de vérification ont été élaborées afin de normaliser et documenter les procédures de CQ. Ces listes de vérification pour le CQ comprennent un registre de toutes les mesures correctives prises et des renvois à la documentation justificative. Des mises à jour mineures des listes de vérification ont été faites en 2015 (Environnement Canada, 2015).

L'évaluation des procédures de CQ de niveau 2 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 un certain nombre d'années suivant l'année 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 et les préparatifs visant les activités ultérieures d'AQ. Les vérifications du contrôle de la qualité de niveau 2 peuvent être documentées en suivant une liste de vérification normalisée ou en menant une étude en profondeur pour fournir une évaluation complète.

1.3.2.2. 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, le système étant exécuté 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. Tout comme pour le CQ, l'AQ des composantes de l'inventaire est effectuée chaque année. De plus, certaines données et méthodes sous-jacentes sont évaluées indépendamment chaque année par divers groupes d'experts et membres de l'industrie, des gouvernements provinciaux, d'autres ministères fédéraux et du milieu

universitaire. La réalisation d'une AQ a pour but d'évaluer les données sur les activités, la méthodologie et le coefficient d'émission servant à établir les estimations, et est de préférence effectuée avant de prendre une décision sur la mise en œuvre d'un changement de méthodologie.

1.3.3. 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'examen composées d'experts (EEE) 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 EEE, l'équipe de l'inventaire des GES est aussi encouragée à tirer parti de ses connaissances et de son expérience dans l'élaboration des estimations de l'inventaire pour déterminer les aspects à améliorer dans l'avenir, en prenant en considération les avancées scientifiques, les approches de modélisation nouvelles et innovatrices et les nouvelles sources de données sur les activités.

Puisque de nombreuses améliorations s'échelonnent sur plusieurs années, le Canada a élaboré un *Plan d'amélioration de l'inventaire*, qui identifie et suit les améliorations planifiées des estimations des émissions (y compris les données sur les activités sous-jacentes, les CE et les méthodes) et des 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). Ce plan comprend toutes les activités d'amélioration planifiées qui permettront d'améliorer encore plus la transparence, l'uniformité, la comparabilité, l'exhaustivité et la précision de l'inventaire des GES du Canada. Le plan est mis à jour tous les ans. La priorité des améliorations est établie par l'équipe concernée, en tenant compte des résultats des activités d'AQ/CQ et de vérification (décrites dans le plan d'AQ/CQ), de l'analyse des catégories clés et des incertitudes, de la disponibilité des ressources et de l'évaluation des répercussions possibles. Des renseignements supplémentaires sur les améliorations apportées à l'inventaire se trouvent au Chapitre 8.

1.3.4. Vérification

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC⁵, 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 identifier les écarts importants. Pour que les comparaisons soient appropriées, il faut que des données (p. ex. des ensembles de données, des coefficients d'émission ou des données sur les activités) soient disponibles 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.

Les détails sur les activités de vérification sont disponibles aux chapitres 3 à 7.

1.3.4.1. 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 Canada. 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)* (LCPE) et publié chaque année dans la *Gazette du Canada*⁶. 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.

En décembre 2016, le gouvernement du Canada a publié un avis d'intention afin d'informer les intervenants de son objectif d'élargir le PDGES au moyen d'une approche progressive. Il poursuit cet élargissement 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 administrations et broser un tableau plus complet des émissions à l'échelle des installations canadiennes. En 2017, le gouvernement du Canada a mis en œuvre l'étape 1 de l'élargissement en abaissant le seuil de déclaration, le faisant passer de 50 kt à 10 kt pour toutes les installations. L'étape 1 a également exigé des fabricants de chaux, de ciment, d'aluminium, de fer et d'acier ainsi que des installations participant au captage, au transport, à l'injection et au stockage géologique du CO₂ d'utiliser les méthodes présentées dans le guide Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada (ECCC, 2021) pour quantifier leurs émissions et de fournir des informations supplémentaires sur leurs calculs. Dans le cadre de l'étape 2 de l'élargissement du programme (données de 2018), les installations de neuf secteurs additionnels étaient tenues de déclarer des informations supplémentaires et

⁵ Lignes directrices 2006 du GIEC, volume 1, chapitre 6.10 : Vérification.

⁶ L'avis publié dans la *Gazette du Canada* qui exige la déclaration des renseignements sur les émissions de 2021 est disponible à l'adresse suivante : <https://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2021/2021-12-18/html/sup2-fra.html>

d'utiliser les méthodes de quantification prescrites. Ces secteurs comprennent la production d'éthanol, d'ammoniaque, d'acide nitrique et d'hydrogène, la production d'électricité et de chaleur, les exploitations minières, les raffineries pétrolières, la production de pâtes et papiers et la production de métaux de base.

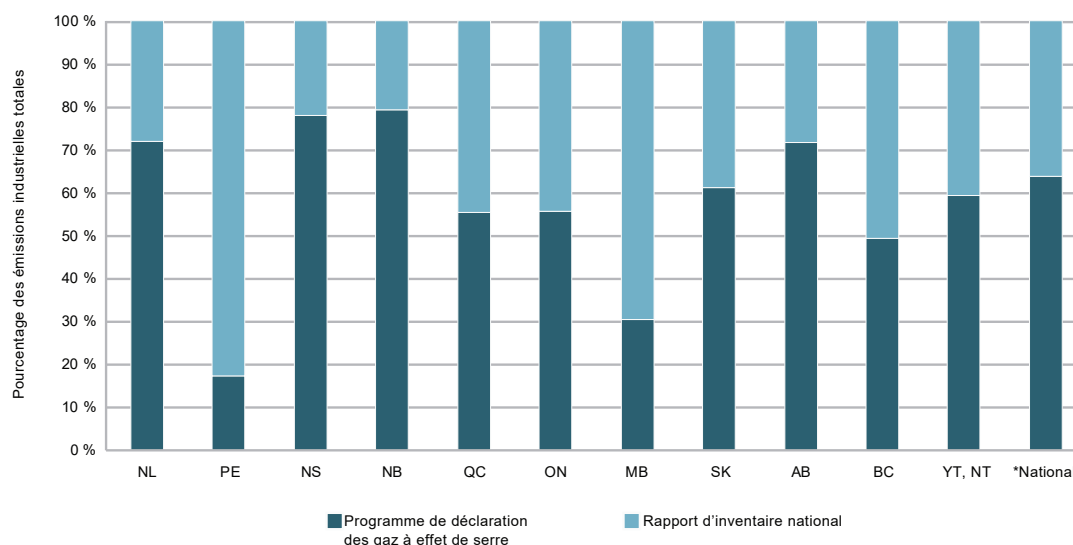
Les installations non visées par l'élargissement peuvent choisir la méthode de quantification qui convient le mieux à leur industrie ou à leur fonctionnement. Cependant, ces méthodes d'estimations des émissions doivent respecter les lignes directrices élaborées par le GIEC et adoptées par la CCNUCC pour 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.

Depuis 2022, d'importantes modifications ont été apportées pour les déclarations des émissions de 2022 et 2023. Les exigences étendues quant aux secteurs et aux activités indiqués ci-dessus ont été maintenues, et certaines modifications ont été introduites pour améliorer l'intégration des données déclarées par les installations (DDI) à l'inventaire national des GES. 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'étendant de 2004 à 2021. En 2021, 1733 installations au total (la plupart industrielles) ont divulgué leurs émissions de GES dans le cadre du programme. Le site Web⁷ du PDGES donne accès au public à ces données sur les émissions de GES (totaux d'émissions de GES par gaz par installation).

Il est important de noter que le PDGES s'applique à des sources d'émissions spécifiques 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 2021, les émissions totales de GES déclarées par les installations représentaient 43 % des émissions totales de GES du Canada (670 Mt) et 64 % 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 industrielles dans chaque province dont les émissions dépassent le seuil de déclaration de 10 kt (Figure 1–4).

Le PDGES fournit aux Canadiens de l'information sur les grands émetteurs de GES de l'ensemble du Canada et sur les variations annuelles de leurs niveaux d'émissions, qui est communiquée aux provinces et aux territoires. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les DDI, qui comprennent toutes les données exigées et toute l'information à l'appui

Figure 1–4 Émissions déclarées par les installations en pourcentage des émissions industrielles de gaz à effet de serre, par province et territoire pour 2021



Notes :

Pour cette figure, les émissions industrielles de GES du Canada comprennent les catégories de GES suivantes dans le *Rapport d'inventaire national 1990–2021* : 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.

* Le Nunavut n'est pas inclus en raison du manque de données.

⁷ Le PDGES est disponible à l'adresse suivante : www.canada.ca/declaration-ges.

déclarée par les installations assujetties aux exigences élargies de déclaration (voir l'Annexe 3)⁸, sont utilisées par les experts en matière d'inventaire à des fins d'amélioration (p. ex., de la transparence, de la précision, de la comparabilité, de l'uniformité ou de l'exhaustivité), lorsqu'ils évaluent la qualité de ces données (voir le Tableau 1–2).

Tableau 1–2 Utilisation des données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES pour le Rapport d'inventaire national, par secteur du GIEC et par catégorie du CUPR correspondants

Secteur du GIEC et catégorie du CUPR	DDI recueillies dans le cadre du PDGES	Utilisations dans le RIN	Référence du RIN pour des précisions
Énergie			
1.A.1.ai Production d'électricité, combustibles solides	Quantité de CO ₂ capté	Déclaration directe	Tableau 1.A(a)s1 du CUPR
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	<ul style="list-style-type: none"> • Chapitre 3, section 3.2 • Annexe 10
1.C.1 Transport de CO ₂	Quantité de CO ₂ capté et transporté par pipelines	Données d'entrée pour le calcul des valeurs	<ul style="list-style-type: none"> • Chapitre 3, section 3.4 • Tableau 1s2 du CUPR
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	<ul style="list-style-type: none"> • Chapitre 3, section 3.4 • Tableau 1s2 du CUPR
PIUP			
2.A.1 Production de ciment	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de CO₂ • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • Déclaration directe • Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité 	Chapitre 4, section 4.2
2.A.2 Production de chaux	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de CO₂ • Production de chaux, teneur en CaO de la chaux • Quantités de sous-produits et de déchets, teneurs en CaO des sous-produits et des déchets 	<ul style="list-style-type: none"> • Déclaration directe • Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité 	Chapitre 4, section 4.3
2.B.1 Production d'ammoniac	<ul style="list-style-type: none"> • Gaz naturel utilisé comme matière première, teneur en carbone du gaz naturel • Production d'urée, récupération du CO₂ pour la production d'urée • Quantité de CO₂ capté 	<ul style="list-style-type: none"> • Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité 	Chapitre 4, section 4.5
2.B.2 Production d'acide nitrique	<ul style="list-style-type: none"> • Production d'acide nitrique • Coefficients d'émission du N₂O • Émissions de N₂O 	Contrôle de la qualité	Chapitre 4, section 4.6
2.C.1 Sidérurgie	<ul style="list-style-type: none"> • 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 mitrilles d'acier • Coefficients d'émission pour l'utilisation du coke et consommation d'électrodes dans un CBO et un FEA 	<ul style="list-style-type: none"> • Données d'entrée pour l'estimation des émissions • Contrôle de la qualité 	Chapitre 4, section 4.10
2.C.3 Production d'aluminium	<ul style="list-style-type: none"> • Production d'aluminium • Émissions de CO₂, CF₄, C₂F₆ et SF₆ 	Déclaration directe	Chapitre 4, section 4.11
Déchets			
5.C.1 Incinération des déchets	Émissions de GES	Déclaration directe	<ul style="list-style-type: none"> • Chapitre 7, section 7.5 • Annexe 3, section 3.6.3
5.D Traitement des eaux usées	Émissions de GES	Déclaration directe des émissions des eaux usées industrielles	<ul style="list-style-type: none"> • Chapitre 7, section 7.6 • Annexe 3, section 3.6.4

⁸ L'avis qui exige la déclaration des renseignements sur les émissions de 2021, publié dans la *Gazette du Canada*, est disponible à l'adresse suivante : <https://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2021/2021-12-18/html/sup2-fra.html>.

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 du contexte national, 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. Une amélioration continue est assurée, notamment en évaluant des approches qui permettraient d'intégrer les DDI dans l'inventaire et en atténuant les enjeux d'uniformité et d'exhaustivité, en tenant compte de l'étendue de chaque industrie particulière, puisque 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, comme mentionné ci-dessus.

Avant l'intégration de toute DDI, plusieurs évaluations d'AC/QC sont réalisées ainsi que des analyses pour assurer la qualité des estimations des émissions déclarées 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'équipe d'examen composée d'experts pour le cycle d'examen de 2021, des explications aux catégories correspondantes sont rajoutées pour indiquer que l'uniformité des séries chronologiques pour l'estimation des émissions de GES a été améliorée lorsque les DDI étaient utilisées. 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 des chapitres 3 (Énergie), 4 (PIUP) et 7 (Déchets). Comme les DDI englobent une partie importante des émissions industrielles de certaines provinces et de certains territoires (Figure 1–4), 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 dans d'autres 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 à court terme et à long terme dans les émissions déclarées par les installations, veuillez consulter le document intitulé *Programme de déclaration de gaz à effet de serre par les installations : Aperçu des émissions déclarées pour 2021* (ECCC, 2023).

1.4. Examen de l'inventaire annuel

Chaque année de 2003 à 2016 et tous les 2 ans depuis 2017, l'inventaire national des GES du Canada a fait l'objet d'un examen par des équipes d'experts indépendants et conformément aux *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*. Le processus d'examen joue un rôle capital pour s'assurer que la qualité de l'inventaire est améliorée au fil du temps et que les Parties, aux termes de la Convention, respectent les exigences de déclaration convenues. L'exhaustivité, la précision, la transparence, la comparabilité et l'uniformité des estimations de l'inventaire peuvent également être attribuées à ce processus bien établi. L'inventaire du Canada a été soumis à un examen centralisé et à un examen de portée nationale, le dernier ayant eu lieu en 2014⁹. Une fois finalisés, les rapports d'examen sont publiés en ligne par le Secrétariat de la CCNUCC¹⁰.

1.5. Méthodologies et sources de données

L'inventaire est structuré de manière à respecter les prescriptions de déclaration de la CCNUCC et il est subdivisé en cinq grands secteurs : Énergie, PIUP, Agriculture, ATCATF et Déchets; chacun de ces secteurs est à son tour subdivisé en sous-secteurs ou catégories. Les méthodes décrites ont été regroupées, dans la mesure du possible, en fonction des secteurs et des sous-secteurs de la CCNUCC.

Les méthodes décrites dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) servent à estimer les émissions et les absorptions de chacun des GES directs suivants : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ et NF₃.

Même si ce n'est pas obligatoire, les Lignes directrices de la CCNUCC sur l'établissement des rapports incitent les Parties à fournir des renseignements sur les GES indirects suivants : SO_x, NO_x, CO, et les COVNM (voir l'Annexe 7 : Précurseurs de l'ozone et d'aérosols). Pour tous les secteurs, sauf le secteur ATCATF, ces gaz sont répertoriés et déclarés séparément à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe¹¹.

9 Des renseignements supplémentaires sur le processus d'examen et les lignes directrices de la CCNUCC sont disponibles à l'adresse suivante : http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/review_process/items/2762.php. (en anglais seulement)

10 Les rapports d'examen annuel des inventaires sont disponibles à l'adresse suivante : <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/inventory-review-reports/inventory-review-reports-2021#:~:text=Annual%20Inventory%20Review%20Reports%20are,reporting%20provisions%20under%20the%20Kyoto> (en anglais seulement).

11 L'information sur l'ozone et les précurseurs d'aérosols au Canada, y compris le CO, les NO_x, les COVNM et les SO_x est disponible dans l'*Inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada* à l'adresse suivante : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/inventaire-emissions-atmospheriques-aperçu.html?utm_campaign=not-applicable&utm_medium=vanity-url&utm_source=canada-ca_lepa

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 approche « ascendante », « descendante » ou selon une combinaison de ces approches. L'inventaire national du Canada est établi par approche descendante, et il fournit des estimations au niveau sectoriel et au niveau provincial ou territorial, sans attribution aux émetteurs individuels.

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 (CE) dans des conditions moyennes. Dans bien des cas, les données sur les activités sont combinées aux coefficients d'émission 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 des sites d'enfouissement sont calculées au moyen d'un modèle de simulation qui rend compte de la production lente et du rejet de ces émissions à long terme.

Les systèmes biologiques manipulés, comme les terres agricoles, les forêts et les terres converties à d'autres usages, sont des sources ou des puits répartis sur de grandes superficies. Les processus qui entraînent des émissions ou des absorptions présentent une variabilité spatiale et interannuelle considérable, et s'échelonnent également sur plusieurs années ou même des décennies. La méthode d'estimation des émissions et des absorptions associées à ces systèmes la plus pratique exige de combiner des mesures répétées et de la modélisation. La nécessité de séparer les effets anthropiques des vastes flux naturels, qui sont uniques à ces systèmes, représente un défi supplémentaire.

Les méthodes (Annexe 3) et les coefficients d'émissions (Annexe 6) décrits dans ce document sont considérés comme les meilleurs qui existent aujourd'hui compte tenu des données existantes relatives aux activités. Il y a 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. Il est à noter que la mise en œuvre des améliorations prévues est souvent mise en place sur plusieurs années. Ces activités sont menées afin d'améliorer encore plus la transparence de l'inventaire national, son exhaustivité, sa précision, son uniformité et sa comparabilité. Les changements qui touchent ainsi les données ou les méthodes conduisent souvent à recalculer les estimations des GES pour la totalité des séries chronologiques allant de 1990 à l'année la plus récente. Le Chapitre 8 explique plus en détail les méthodes utilisées pour recalculer les estimations et les améliorations apportées à ces méthodes.

1.6. Catégories clés

Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) définissent les procédures (sous forme de schéma décisionnel) pour sélectionner les méthodes d'estimation. Ces schémas officialisent le choix de la méthode d'estimation qui convient le mieux à la situation d'un pays tout en tenant compte de la disponibilité des connaissances et des ressources (aussi bien financières qu'humaines). En règle générale, la précision et l'exactitude des estimations aux fins de l'inventaire peuvent être améliorées en utilisant les méthodes les plus rigoureuses (niveau le plus élevé). Toutefois, étant donné les limites concrètes, il est impossible de définir de façon détaillée toutes les catégories d'émissions. Il est donc utile de déterminer et d'établir la priorité des catégories clés pour faire le meilleur usage possible des ressources disponibles.

Par conséquent, dans le système d'inventaire national, une *catégorie clé* (ou principale) est une catégorie prioritaire parce que les estimations des émissions de cette catégorie ont des répercussions importantes sur les émissions de GES directes totales d'un pays en ce qui concerne le niveau absolu des émissions (évaluation du niveau), la tendance des émissions entre l'année de référence et l'année courante (évaluation de la tendance), ou les deux. Dans la mesure du possible, les émissions des catégories clés devraient être estimées à l'aide de méthodes plus raffinées propres au pays et être soumises à un AQ/CQ accru.

Pour l'inventaire des GES de 1990–2021, les évaluations du niveau et des tendances des catégories clés ont été effectuées selon l'approche de niveau 1 recommandée par le GIEC, qui se trouve dans le volume 1, à la section 4.3.1 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les catégories d'émissions et d'absorptions utilisées pour leur évaluation suivent généralement celles des tableaux du CUPR. Cependant, les données ont été regroupées dans certains cas et sont propres à l'inventaire canadien.

Les catégories contribuant le plus à la tendance nationale (excluant le secteur ATCATF) sont les suivantes :

1. Combustion de sources fixes – Industries manufacturières et construction, CO₂
2. Utilisation de combustibles – Transport routier, CO₂
3. Combustion de sources fixes – Industries énergétiques, CO₂
4. PIUP – Production d'acide adipique, N₂O
5. PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone, HFC

Les catégories qui ont la plus forte incidence sur la tendance (incluant le secteur ATCATF) sont :

1. ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, CO₂
2. Combustion de sources fixes – Industries manufacturières et construction, CO₂
3. ATCATF – Produits ligneux récoltés, CO₂
4. Utilisation de combustibles – Transport routier, CO₂
5. Combustion de sources fixes – Industries énergétiques, CO₂

Plus de détails sur les catégories clés sont disponibles à l'Annexe 1.

1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire

Même si les inventaires nationaux de GES doivent être précis, exhaustifs, comparables, transparents et cohérents, les estimations seront toujours porteuses d'incertitudes. Ces incertitudes¹² 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 à la fois pour l'année de référence et l'année la plus récente (2021). 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 aux Chapitres 3 à 7.

Selon la méthode de propagation d'erreur, le degré d'incertitude pour l'inventaire national, excluant l'ATCATF, est de ± 3 % à la fois pour l'année de référence et l'année 2021. Les cinq catégories de source d'émissions qui contribuent le plus au degré d'incertitude à l'échelle nationale, pour 2021, sont les suivantes quand l'ATCATF n'est pas inclus :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – Sites d'élimination gérés des déchets, CH₄
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH₄
3. Agriculture – Sources directes des sols agricoles, N₂O
4. Agriculture – Sources indirectes des sols agricoles, N₂O
5. Sources fugitives – Évacuation, CO₂

Quand les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses, l'incertitude dans le total national s'élève à ± 8 % pour 2021 et à ± 14 % pour l'année de référence. Pour 2021, 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'élimination gérés des déchets, CH₄
2. ATCATF – Produits ligneux récoltés, CO₂
3. Agriculture – Fermentation entérique, CH₄
4. Agriculture – Sources directes des sols agricoles, N₂O
5. Agriculture – Sources indirectes des sols agricoles, N₂O

¹² 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).

1.8. 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, il s'agit d'un inventaire exhaustif des sept GES qui doivent être déclarés aux termes de la CCNUCC. Toutefois, les émissions de certaines catégories n'ont pas été estimées ou ont été incluses avec d'autres catégories pour les raisons suivantes :

- ces catégories n'existent pas au Canada
- les données ne sont pas disponibles au niveau de la catégorie
- il existe des problèmes de méthodologie propres aux circonstances nationales
- les estimations des émissions sont considérées comme négligeables¹³

Dans le cadre du plan d'amélioration du RIN, 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 se trouvent à l'Annexe 5 puis également, dans les chapitres traitant de chaque secteur (Chapitres 3 à 7).

¹³ 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. CO₂. Le taux global national total des émissions estimées pour tous les gaz et catégories considéré comme négligeables doit demeurer inférieur à 0,1 % des émissions totales de GES à l'échelle nationale (CCNUCC, 2014).

TENDANCES DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

2.1.	Sommaire des tendances des émissions de GES	33
2.2.	Tendances des émissions de GES par gaz	37
2.3.	Tendances des émissions de GES par secteur du GIEC	39
	Estimations descendantes et ascendantes des émissions de méthane du secteur pétrolier et gazier	54
2.4.	Émissions par secteur économique canadien	66
	Tendances dans le secteur pétrolier et gazier	68

2.1. Sommaire des tendances des émissions de GES

Les émissions canadiennes de gaz à effet de serre (GES), en 2021 (les données les plus récentes du présent rapport), étaient de 670 mégatonnes d'équivalent en dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO₂)¹, une réduction de 62 Mt (8,4 %) par rapport aux émissions de 2005 et une augmentation de 12 Mt (1,8 %) par rapport à 2020; en outre, les émissions sont demeurées de 53 Mt (7,4 %) inférieures aux niveaux d'émissions de 2019, avant la pandémie (Figure 2-1)². Sur le plan de la tendance générale, depuis 1990, les émissions annuelles ont augmenté de façon constante pendant 10 ans, fluctué entre les années 2000 et 2008, diminué en 2009, augmenté graduellement jusqu'en 2019 et diminué de façon marquée entre 2019 et 2020, puis remonté légèrement entre 2020 et 2021.

Les récentes fluctuations des émissions sont décrites ici, tandis que le reste du chapitre porte sur les tendances et leurs facteurs sous-jacents. Des renseignements supplémentaires sur les tendances des émissions figurent aussi dans chacun des chapitres sur les secteurs (Chapitres 3 à 7). La pandémie de COVID-19 a contribué à une réduction marquée des émissions totales de GES de 64 Mt (9,0 %) entre 2019 et 2020. Ce changement s'est produit dans de nombreux sous-secteurs, principalement Transports (-31 Mt ou -15 %), Combustion fixe (-24 Mt ou -7,4 %) et Sources fugitives (-9,0 Mt ou -14 %). Entre 2020 et 2021, les émissions ont augmenté de 12 Mt (1,8 %). Les principaux contributeurs à cette augmentation globale étaient les sous-secteurs des Transports et la catégorie Extraction de pétrole et de gaz, qui présentent respectivement des augmentations de 9,0 Mt (5,0 %) et 4,0 Mt (4,0 %). Au cours de cette période, les émissions de la catégorie Résidentiel des Sources de combustion fixes et du sous-secteur Sols agricoles ont respectivement diminué de 1,5 Mt (4,0 %) et de 1,4 Mt (7,0 %).

De plus, entre 2019 et 2020, la diminution des émissions des Transports comprenait une diminution dans les Véhicules et Camions légers à essence (-15 Mt ou -17 %) et le Transport aérien intérieur (-3,8 Mt ou -45 %). Ces diminutions sont liées à une diminution du nombre de véhicules-kilomètres parcourus (VKP) dans les catégories des véhicules et camions légers à essence, et à une diminution de la circulation aérienne en 2020 par rapport à 2019. Entre 2020 et 2021, le Transport routier était responsable de la plus grande partie de l'augmentation des émissions des Transports (5,2 Mt ou 4,7 %). Les émissions des Véhicules et Camions légers à essence ont augmenté de 2,4 Mt (3,3 %). Malgré une diminution des VKP, le parc automobile total s'est accru en 2021, ce qui a donné lieu à un plus grand nombre de kilomètres parcourus au total.

Dans les Sources de combustion fixes, entre 2019 et 2020, la diminution des émissions dans la Production d'électricité et de chaleur du secteur public (-8,1 Mt ou -12 %) était attribuable à une diminution de la consommation de charbon partiellement contrebalancée par une augmentation de la consommation de gaz naturel. Une diminution dans les Industries manufacturières (-3,8 Mt ou -8,7 %) peut être en partie attribuable aux fermetures d'usines, temporairement ou définitivement, pendant la première année de la pandémie. Entre 2020 et 2021, les émissions de la combustion dans

1 À moins d'avis contraire, toutes les estimations d'émissions exprimées en Mt représentent des émissions de GES en Mt d'éq. CO₂.

2 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.

l'Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 4,0 Mt (4,0 %), ce qui concorde avec une hausse de la production de bitume naturel (13 %) et de pétrole brut synthétique (6 %) à partir des sables bitumineux et à une hausse de la production de gaz naturel (4 %). Les émissions des Industries manufacturières ont aussi augmenté de 1,2 Mt (3 %). À l'inverse, les émissions de la catégorie Résidentiel ont diminué de 1,5 Mt (4,0 %) entre 2020 et 2021, ce qui est en grande partie attribuable à une baisse continue de la consommation de mazout léger. Les émissions de la Production d'électricité et de chaleur du secteur public ont aussi diminué, de 1,1 Mt (1,7 %), entre 2020 et 2021, en raison d'une baisse supplémentaire de la consommation de charbon.

La fermeture temporaire de certaines usines pendant la première année de la pandémie peut également expliquer partiellement la diminution des émissions dans le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP) (-2,5 Mt ou -4,8 %) de 2019 à 2020. Entre 2020 et 2021, les émissions de ce secteur ont augmenté de 1,6 Mt (3,1 %), principalement à cause d'un retour aux niveaux de production pré-pandémiques dans certaines industries. En ce qui a trait aux Sources fugitives, la diminution des émissions entre 2019 et 2020 provient de l'évacuation (-6,8 Mt ou -21 %) et des fuites liées au pétrole (-1,3 Mt ou -9,9 %) ainsi que des installations de production et de traitement de gaz naturel (-1,1 Mt ou 9,1 %). Les émissions des Sources fugitives sont demeurées stables entre 2020 et 2021.

Dans le sous-secteur des Sols agricoles, les émissions des Sources directes et indirectes ont diminué de 1,1 Mt (7,4 %) et de 0,2 Mt (5,4 %), respectivement, entre 2020 et 2021, surtout en raison d'une forte baisse de la production agricole attribuable à des conditions de sécheresse dans les prairies.

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. Cela veut dire que l'intensité des émissions pour toute l'économie (rapport entre les GES et le produit intérieur brut [PIB]) a diminué de 42 % depuis 1990, et de 29 %, depuis 2005 (Figure 2-2 et Tableau 2-1). Bien que la pandémie de COVID-19 ait assurément eu un effet sur les émissions des dernières années, le déclin continu de l'intensité des émissions au fil du temps peut être attribuable au remplacement de combustible, à des améliorations de l'efficacité, à la modernisation des procédés industriels et aux changements structurels de l'économie.

Le Canada contribue à environ 1,6 % des émissions mondiales de GES (Climate Watch, 2023, portant sur l'année 2019), ce qui le place au 10^e rang des plus grands émetteurs de GES. Bien que les émissions par habitant du Canada ont baissé depuis 2005, passant de 22,7 t d'éq. CO₂/habitant à 17,5 t d'éq. CO₂/habitant en 2021 (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 2021 se trouvent sur open.canada.ca/fr (ECCC, 2023).

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) (1990-2021)

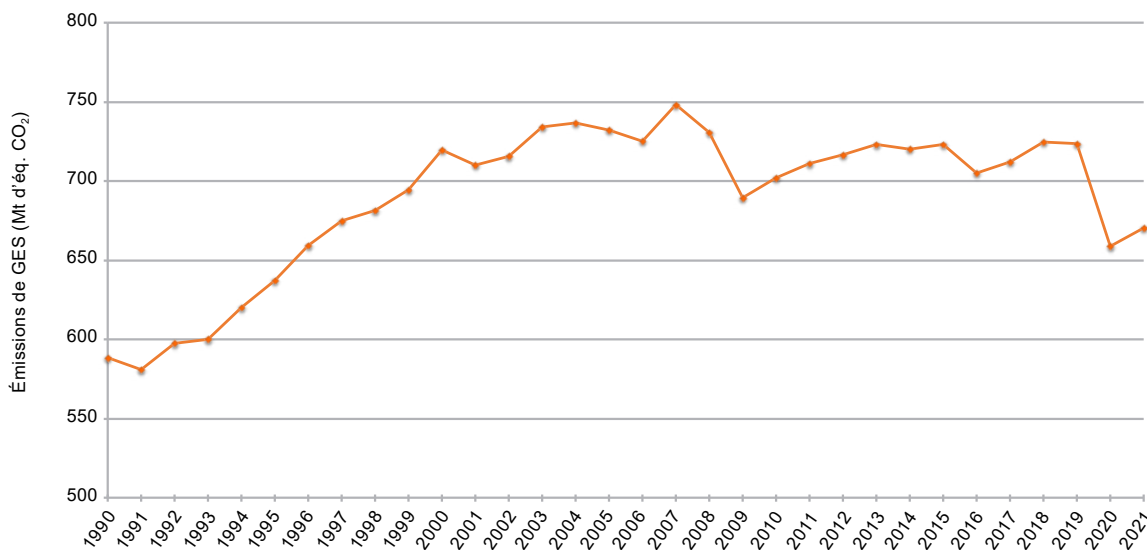
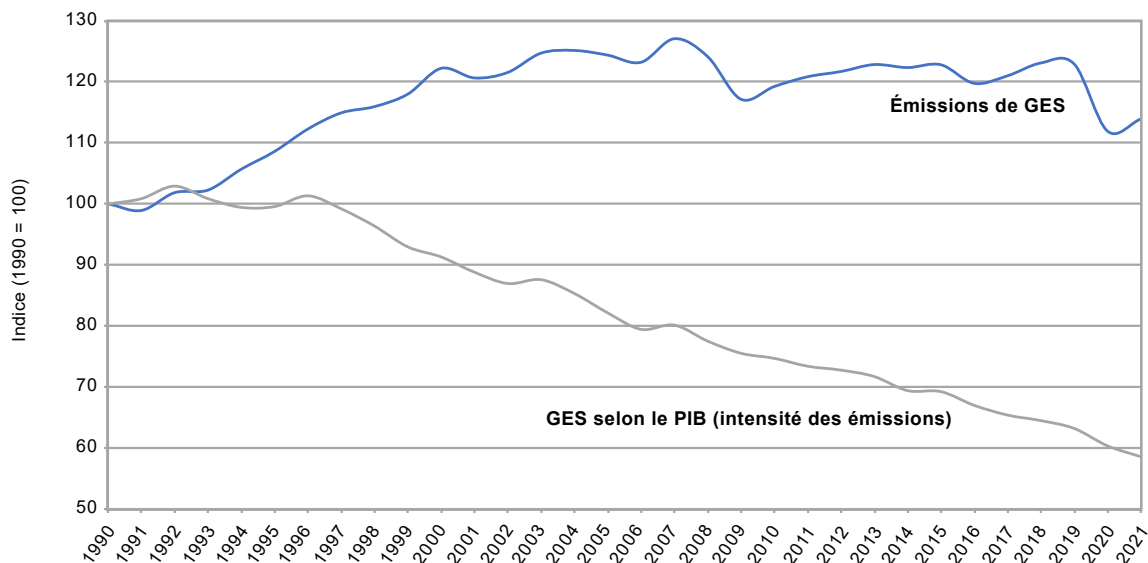


Figure 2-2 **Tendance indexée des émissions de GES et intensité des émissions de GES (à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) (1990-2021)**



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

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

Année	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Total des GES (Mt)	589	732	705	712	725	724	659	670
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	-3,7 %	-2,7 %	-1,0 %	-1,2 %	-10 %	-8,4 %
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	24 %	20 %	21 %	23 %	23 %	12 %	14 %
PIB* (milliards de \$ de 2012)	1 092	1 654	1 953	2 022	2 086	2 126	2 027	2 126
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	18 %	22 %	26 %	29 %	23 %	29 %
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	51 %	79 %	85 %	91 %	95 %	86 %	95 %
Intensité des GES (Mt/milliards de \$ de PIB)	0,54	0,44	0,36	0,35	0,35	0,34	0,32	0,32
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	-19 %	-20 %	-22 %	-23 %	-27 %	-29 %
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	-18 %	-33 %	-35 %	-36 %	-37 %	-40 %	-42 %

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.

Historiquement, les provinces de l'Alberta et de l'Ontario sont les plus grandes émettrices de GES. Depuis 2005, les profils d'émissions de ces deux provinces ont divergé. Les émissions en Alberta ont augmenté de 20 Mt (8,6 %) depuis 2005, en raison surtout de l'accroissement des activités pétrolières et gazières (Tableau 2-2). Plus précisément, les émissions du secteur Pétrole et gaz en Alberta ont augmenté de 39 Mt, mais ont été compensées par des diminutions dans le secteur de l'Électricité (-25 Mt). En revanche, les émissions de l'Ontario ont diminué de 53 Mt (26 %) depuis 2005, principalement grâce à la fermeture des dernières centrales électriques alimentées au charbon en 2014.

Entre 2005 et 2021, les émissions ont diminué dans la plupart des divisions nationales, soit en Nouvelle-Écosse (-8,2 Mt ou -36 %), au Québec (-8,1 Mt ou -9,4 %), au Nouveau-Brunswick (-7,7 Mt ou -39 %), en Colombie-Britannique (-2,2 Mt ou 3,6 %), à Terre-Neuve-et-Labrador (-1,9 Mt ou -18 %), en Saskatchewan (-0,7 Mt ou -1,0 %), aux Territoires du Nord-Ouest (-0,44 Mt ou -25 %) et à l'Île-du-Prince-Édouard (-0,25 Mt ou -13 %). Les émissions ont augmenté au Manitoba (0,40 Mt ou 2,0 %), au Yukon (0,09 Mt ou 16 %) et au Nunavut (0,04 Mt ou 7,2 %).

Figure 2-3 Émissions de GES par province et territoire en 2005, 2010, 2015 et 2021

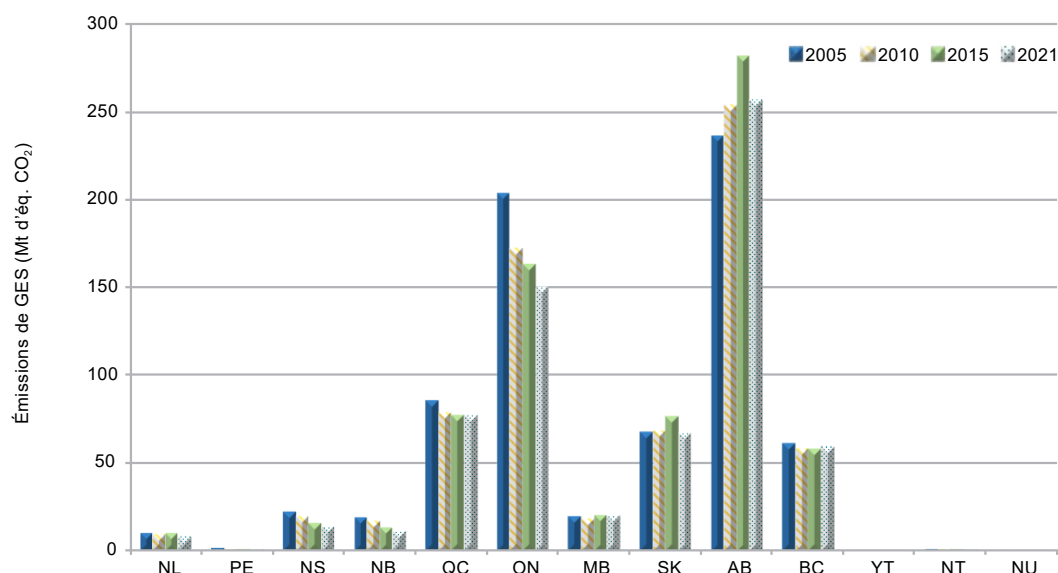


Tableau 2-2 Émissions de GES par province et territoire, certaines années

Année	Émissions annuelles (Mt d'éq. CO ₂)								Variation (%)
	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2005-2021
Total des GES (Canada)	589	732	705	712	725	724	659	670	-10 %
NL	9,4	10	11	11	11	11	8,8	8,3	-14 %
PE	1,8	1,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	-16 %
NS	19	23	15	16	16	16	15	15	-36 %
NB	16	20	15	14	13	13	11	12	-43 %
QC	84	86	77	79	81	82	74	77	-13 %
ON	179	204	160	156	163	163	147	151	-28 %
MB	18	20	21	21	22	22	21	21	4,3 %
SK	42	68	74	76	77	75	65	67	-4,0 %
AB	165	236	267	273	274	275	254	256	7,8 %
BC	50	62	61	62	64	63	59	59	-4,6 %
YT	0,55	0,56	0,53	0,56	0,64	0,69	0,60	0,65	6,2 %
NT	S.O.	1,7	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	-30 %
NU	S.O.	0,58	0,74	0,74	0,74	0,75	0,59	0,63	1,1 %

Notes :

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

S.O. = Sans objet

2.2. Tendances des émissions de GES par gaz

Le profil des émissions de GES du Canada est semblable à celui de la majorité des pays industrialisés, le dioxyde de carbone (CO₂) étant le gaz qui contribue le plus à ses émissions totales, avec 537 Mt ou 80 % des émissions totales en 2021 (Figure 2-4 et ECCC, 2023). Par conséquent, les tendances des émissions de CO₂ suivent la même courbe que les émissions totales de GES (Figure 2-1). La majeure partie des émissions canadiennes de CO₂ proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles (Figure 2-4 et ECCC, 2023).

En 2021, les émissions de méthane (CH₄) totalisaient 91 Mt d'éq. CO₂, soit 14 % du total du Canada. Ces émissions sont principalement constituées d'émissions fugitives dans les systèmes de pétrole et de gaz naturel (37 Mt ou 41 % des émissions totales de CH₄), de l'agriculture (28 Mt ou 31 % des émissions totales de CH₄) ainsi que des sites d'enfouissement (élimination des déchets solides municipaux et déchets ligneux industriels) (18 Mt ou 20 % des émissions totales de CH₄). Les émissions de CH₄ ont augmenté de façon constante à partir de 1990, atteignant leur maximum en 2006 à 116 Mt (augmentation de 39 %), puis fluctué jusqu'en 2018 pour diminuer dans les dernières années jusqu'à atteindre un niveau près de celui de 1992 (90 Mt) en 2021 (91 Mt) (Figure 2-5). De 1990 à 2006, les émissions de sources fugitives de pétrole et de gaz ont augmenté de 22 Mt, celles de l'agriculture, de 8,9 Mt, et celles des sites d'enfouissement, de 2,3 Mt. L'augmentation des émissions de sources fugitives de pétrole et de gaz concorde avec l'augmentation de 60 % de la production de gaz naturel et de 11 % de la production de pétrole classique au cours de la même période de 1990 à 2006³.

De 2006 à 2019, les émissions ont diminué, passant de 116 à 101 Mt. De cette diminution de 15 Mt des émissions, une réduction de 8,5 Mt est survenue dans l'industrie pétrolière et gazière en raison d'une réduction des émissions d'évacuation (-5,9 Mt) et de la conjonction de l'amélioration des programmes de détection et de réparation des fuites et d'une diminution de 9 % de la production de gaz naturel, tous deux ayant contribué à une diminution de 2,6 Mt des émissions fugitives dues à des fuites dans les systèmes de pétrole et de gaz. Les émissions agricoles de CH₄ ont diminué de 5,6 Mt (17 %) entre 2006 et 2011, en raison principalement d'une réduction de 20 % du cheptel de bœuf de boucherie qui a mené à une diminution des émissions dues à la fermentation entérique, mais le cheptel et les émissions se sont stabilisés depuis. La diminution des émissions des sites d'enfouissement de 1,4 Mt (7,3 %) pendant cette période est due à la conjonction d'une diminution de la production de méthane des sites d'enfouissement de déchets ligneux (diminution de 225 kt ou 24 %) et d'une augmentation du captage et de la récupération des gaz d'enfouissement provenant des sites d'enfouissement municipaux (diminution de 2,5 Mt ou 31 %), contrebalancées par une augmentation de la production de méthane (augmentation de 1,2 Mt ou 4 %).

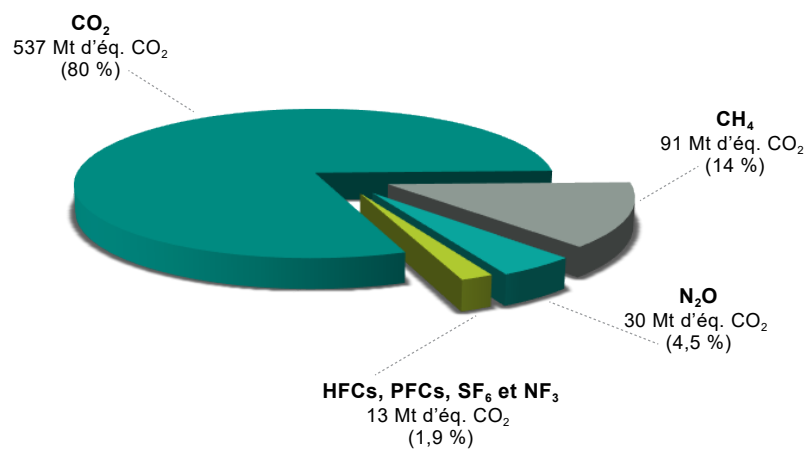
La grande diminution de 10 Mt des émissions de CH₄ entre 2019 et 2020 coïncide avec l'adoption d'un règlement fédéral visant à réduire les émissions de méthane provenant de l'industrie pétrolière et gazière en amont et de règlements provinciaux équivalents en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique, car les émissions fugitives de CH₄ de l'exploitation pétrolière et gazière ont diminué de 9,2 Mt pendant cette période. Pour des précisions sur les tendances des émissions de sources fugitives, veuillez consulter la section 2.3.1.3. Les émissions nationales de CH₄ ont continué à baisser légèrement entre 2020 et 2021 (-0,9 Mt ou -1,0 %).

Les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) ont comptabilisé 30 Mt (4,5 %) des émissions du Canada en 2021, une baisse de 4,2 Mt (12 %) par rapport à 1990 et de 2,1 Mt (6,4 %) par rapport à 2005. La principale source d'émissions de N₂O est l'épandage d'engrais azotés sur les sols agricoles. En 2021, les émissions du secteur de l'Agriculture représentaient 75 % des émissions nationales de N₂O, contre 52 % en 1990 et 27 % en 2005. Depuis 2005, l'épandage d'engrais azoté a augmenté de 93 %, et les émissions de N₂O de cette source ont augmenté de 94 %. Depuis 1990, l'arrêt de la production d'acide adipique au Canada a fait chuter de 10 Mt les émissions de N₂O.

Les émissions de gaz de synthèse (hydrofluorocarbures [HFC], perfluorocarbures [PFC], SF₆ et NF₃) représentaient 13 Mt, ou 1,9 % des émissions canadiennes en 2021. Entre 1990 et 2021, les émissions d'HFC ont augmenté de 10 Mt (1100 %), tandis que les émissions de PFC et de SF₆ ont diminué de 6,8 Mt (90 %) et de 2,9 Mt (90 %), respectivement. Des tendances similaires sont observées depuis 2005, les émissions d'HFC ayant augmenté de 6,3 Mt (124 %), et les émissions de PFC et de SF₆ ayant diminué de 3,1 Mt (80 %) et de 1,1 Mt (77 %), respectivement. Le remplacement des substances appauvrissant l'ozone (SAO), soit les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), par les HFC pour la réfrigération et le conditionnement d'air peut expliquer l'augmentation des émissions d'HFC, avant l'élimination progressive des HFC imposée par l'amendement de Kigali au Protocole de Montréal, qui est entré en vigueur en 2019. Les diminutions des émissions de PFC sont principalement dues à la modernisation de l'industrie de l'aluminium et à la diminution du nombre d'usines de fonte et de moulage du magnésium.

3 De 1990 à 2021, la production de bitume naturel et de pétrole brut synthétique des Sables bitumineux du Canada a augmenté de plus de 775 %, entraînant une augmentation des émissions d'éq. CO₂ de plus de 450 %. Cependant, les émissions de CH₄ provenant des Sables bitumineux n'ont augmenté que de 80 % et la contribution aux émissions totales de CH₄ du secteur Pétrole et gaz a augmenté, passant de 5,1 % en 1990 à 8,3 % en 2021, ce qui indique que les Sables bitumineux ne sont pas une source importante de CH₄ par rapport à la production classique de pétrole et de gaz.

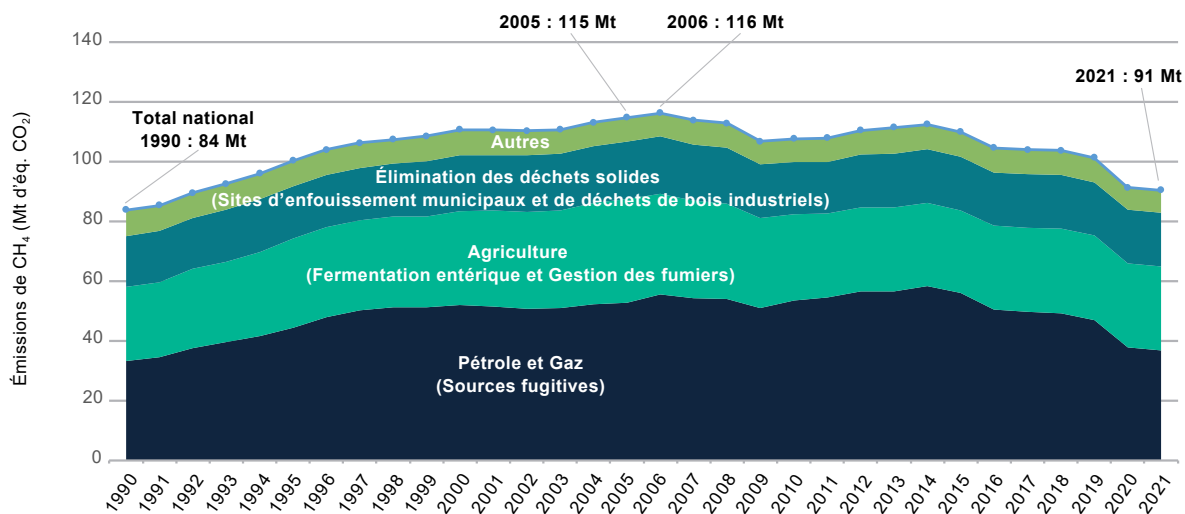
Figure 2-4 Ventilation des émissions du Canada par GES (2021)



Total : 670 Mt d'éq. CO₂

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

Figure 2-5 Tendances des émissions de méthane au Canada (1990-2021)



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

2.3. Tendances des émissions de GES par secteur du GIEC

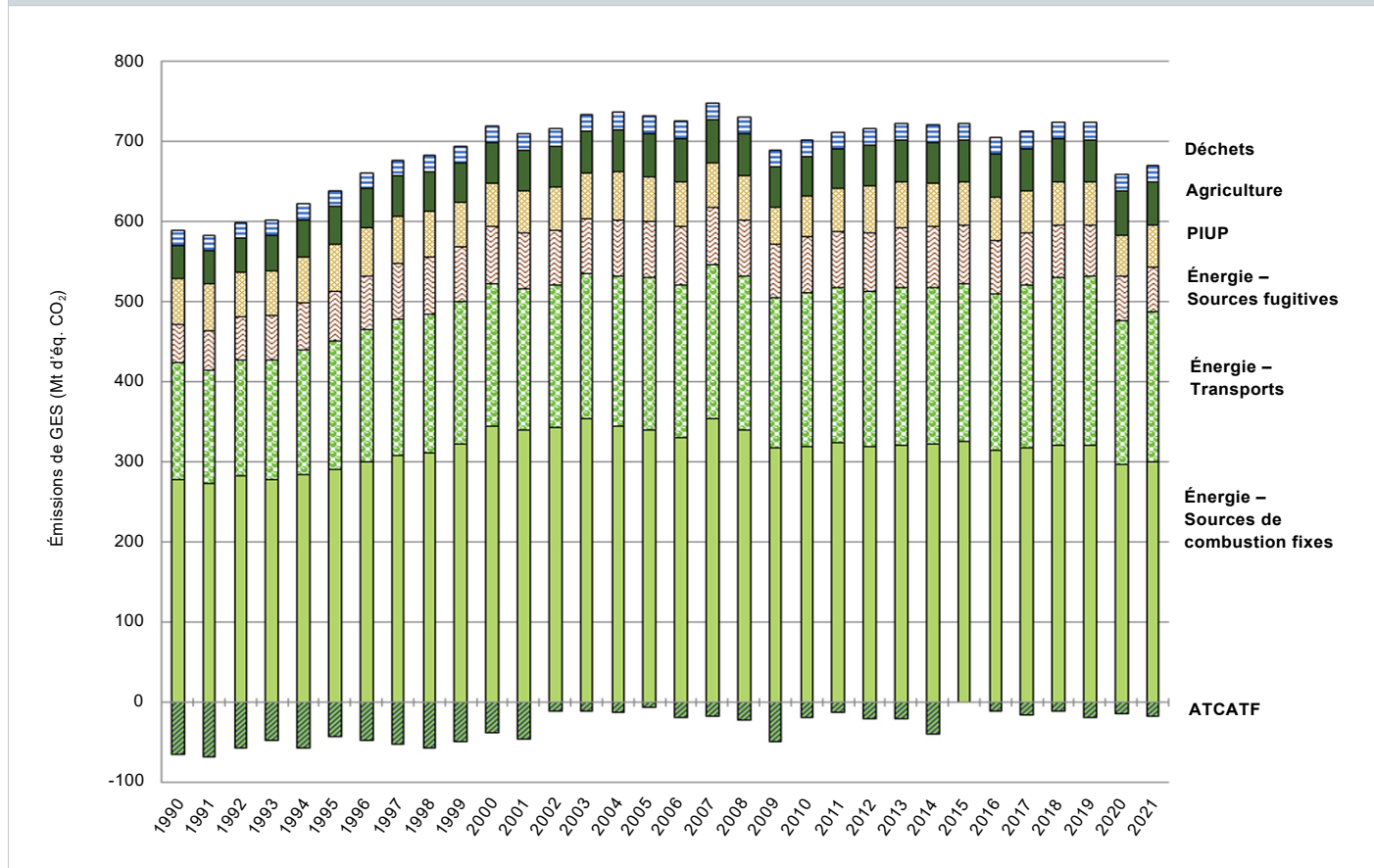
Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) définit les secteurs de l'inventaire comme étant les secteurs de l'Énergie (formé des Sources de combustion fixes, des Transports et des Sources fugitives), de l'Agriculture, des Procédés industriels et utilisation des produits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

En 2021, le secteur de l'Énergie a produit 543 Mt, ou 81 %, des émissions totales de GES du Canada. Le reste des émissions provenant de l'Agriculture (54 Mt ou 8,1 %), des PIUP (52 Mt ou 7,8 %) et des Déchets (21 Mt ou 3,1 %). La ventilation générale des émissions selon les secteurs du GIEC n'a pas beaucoup changé au fil du temps (Figure 2–6).

Pour la période 1990–2021, le secteur de l'Énergie dominait la tendance à long terme avec des hausses de 42 Mt (29 %) pour les Transports, de 22 Mt (8,1 %) pour les Sources de combustion fixes et de 7,0 Mt (15 %) pour les Sources fugitives. Pendant la même période, le secteur de l'Agriculture a vu ses émissions croître de 13 Mt (32 %), tandis que le secteur des PIUP a connu une baisse de 5,0 Mt (8,8 %). Les émissions du secteur des Déchets ont augmenté de 2,1 Mt (11 %) depuis 1990. En 1990, les absorptions nettes du secteur de l'ATCATF étaient de 65 Mt, mais le puits net a diminué depuis, ce qui s'est traduit par des absorptions nettes de 17 Mt en 2021. Durant la série chronologique, la diminution nette des absorptions du secteur de l'ATCATF était de 47 Mt (73 %) (Figure 2–6 et Tableau 2–3).

Pendant la période 2005–2021, les émissions totales ont diminué de 62 Mt ou 8,4 %. Deux sources du secteur de l'Énergie sont les principales responsables de cette tendance, avec une diminution des émissions de 39 Mt (11 %) dans les sources de combustion fixes et de 15 Mt (21 %) dans les sources fugitives. Pendant la même période, les émissions ont diminué de 4,6 Mt (8,1 %) dans le secteur des PIUP et de 0,6 Mt (2,9 %) dans le secteur des Déchets. À l'inverse, les émissions des Transports ont généralement augmenté de 2005 à 2019. Elles ont diminué de 31 Mt (15 %) entre 2019 et 2020, et augmenté de 9,0 Mt (5,0 %) entre 2020 et 2021, ce qui les ramène à un niveau légèrement inférieur à celui de 2005. Les émissions du secteur de l'Agriculture sont demeurées relativement stables, leur augmentation s'élevant à 0,10 Mt ou 0,2 % (Figure 2–7). Les flux nets du secteur de l'ATCATF ont fluctué entre des absorptions nettes de 49 Mt en 2009 et de 39 Mt en 2014 et une petite source nette d'émissions de 24 kt en 2015, ce qui représente une augmentation nette des absorptions de 12 Mt entre 2005 et 2021 (Figure 2–6).

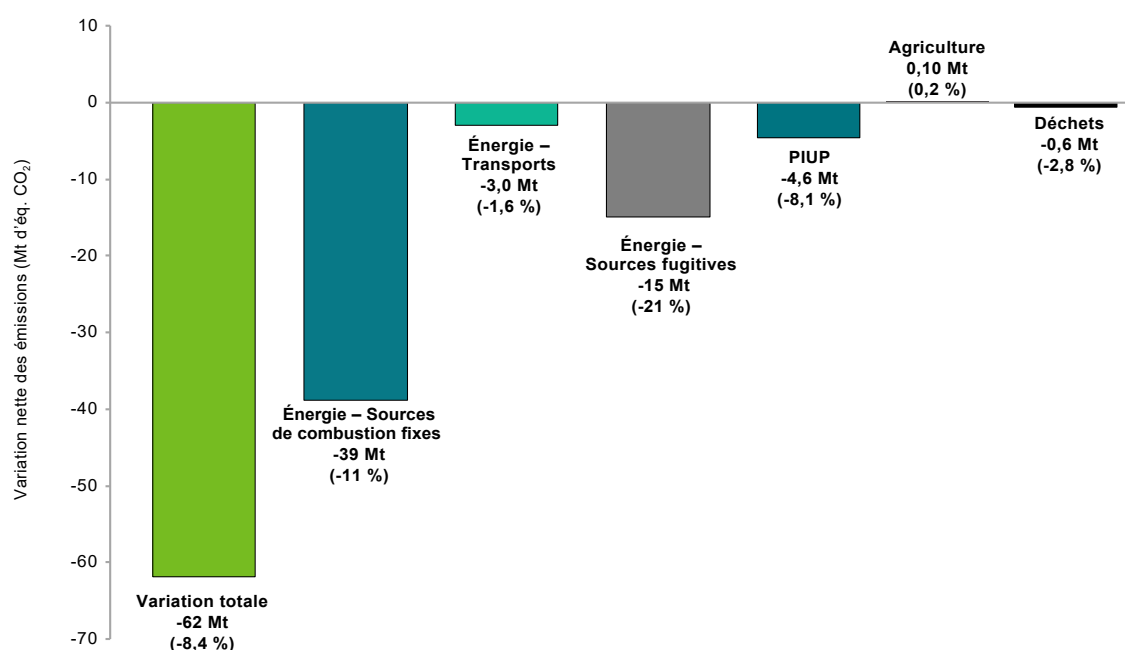
Figure 2–6 Tendances des émissions de GES au Canada, par secteur du GIEC (1990–2021)



Plusieurs sources d'émissions, sans contribuer de manière importante aux émissions globales de GES du Canada, ont varié significativement depuis 1990. Il s'agit notamment d'une augmentation des émissions de 11 Mt (1078 %) dans la Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃, une augmentation de 5,2 Mt (89 %) des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant, une augmentation des émissions de CO₂ de 1,9 Mt (162 %) découlant de l'utilisation de chaux, d'urée et d'engrais carbonés, et une augmentation de 0,28 Mt (388 %) des émissions provenant du Traitement biologique des déchets solides. Ces variations des émissions comprennent également une diminution de 2,8 Mt (95 %) provenant du SF₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage du magnésium, de 0,76 Mt (78 %) de la Production d'acide nitrique et de 0,19 Mt (84 %) de l'Incinération des résidus agricoles dans les champs.

De 2005 à 2021, certains des changements notables dans les sources d'émissions contribuant peu au total national sont une augmentation de 6,4 Mt (125 %) des émissions provenant de la Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃; une augmentation de 1,7 Mt (119 %) des émissions de CO₂ provenant de l'application de chaux, d'urée et d'engrais contenant du carbone; une augmentation de 0,9 Mt (41 %) dans les Sources de combustion fixes en Agriculture et foresterie, une diminution de 1,1 Mt (89 %) des émissions découlant du SF₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage du magnésium; et une diminution de 1,0 Mt (82 %) dans la Production d'acide nitrique.

Figure 2-7 Variations des émissions de GES par secteur du GIEC (2005-2021)



2.3.1. Secteur de l'Énergie (émissions de GES en 2021 : 543 Mt)

En 2021, le secteur de l'Énergie a contribué à 81 % des émissions totales de GES du Canada. Conformément aux *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), 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 CO₂. Une description détaillée de chacune est fournie au Chapitre 3.

2.3.1.1. Sources de combustion fixes (émissions de GES en 2021 : 300 Mt)

Les Sources de combustion fixes produisent 55 % des émissions du secteur de l'Énergie. En 2021, les émissions totales se sont élevées à 300 Mt, une augmentation de 8 % par rapport aux niveaux d'émissions de 1990 (278 Mt) et une diminution de 11 % par rapport aux niveaux d'émissions de 2005 (339 Mt) (Figure 2-8, Tableau 2-4). En ce qui a trait aux Sources de combustion fixes, les catégories dominantes sont l'Extraction de pétrole et de gaz et la Production d'électricité et de chaleur du secteur public, qui ont contribué à 34 % et 20 %, respectivement, des émissions totales du sous-secteur en 2021. Les catégories Industries manufacturières, Résidentiel, et Commercial et institutionnel ont contribué à 14 %, 12 % et 12 %, respectivement, de ce total en 2021.

Tableau 2-3 Émissions de GES du Canada par secteur du GIEC (1990-2021)

Catégories de sources de gaz à effet de serre	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Mt d'éq. CO ₂							
TOTAL^{a, b}	589	732	705	712	725	724	659	670
ÉNERGIE	472	600	577	586	596	596	532	543
a. Sources de combustion fixes	278	339	315	318	321	322	298	300
Production d'électricité et de chaleur du secteur public	95	125	82	79	71	70	62	60
Industries de raffinage du pétrole	17	20	16	15	15	16	13	13
Extraction de pétrole et de gaz	31	63	94	98	104	104	99	103
Exploitation minière	4,7	4,3	4,5	5,1	6,6	6,3	6,0	6,4
Industries manufacturières	56	48	43	43	43	43	39	41
Construction	1,9	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5
Commercial et institutionnel	26	32	32	34	35	37	36	35
Résidentiel	44	43	39	40	42	41	38	37
Agriculture et foresterie	2,4	2,2	3,2	3,1	3,2	3,5	3,0	3,1
b. Transports	145	191	196	202	209	210	179	188
Transport aérien	7,5	7,7	7,5	7,9	8,7	8,6	4,7	5,6
Transport aérien intérieur (civil)	7,3	7,5	7,3	7,7	8,4	8,3	4,6	5,4
Militaire	0,23	0,26	0,26	0,23	0,25	0,24	0,18	0,20
Transport routier	92	123	128	129	132	132	111	116
Véhicules légers à essence	44	41	34	34	33	32	25	24
Camions légers à essence	25	41	50	52	53	55	47	50
Véhicules lourds à essence	4,8	4,6	4,4	4,4	4,5	4,5	4,2	4,3
Motocyclettes	0,20	0,46	0,87	0,90	0,92	0,95	0,77	0,77
Véhicules légers à moteur diesel	0,37	0,67	0,64	0,61	0,59	0,50	0,31	0,32
Camions légers à moteur diesel	0,89	0,75	0,58	0,64	0,72	0,74	0,60	0,72
Véhicules lourds à moteur diesel	16	34	37	37	39	38	33	35
Véhicules au propane ou au gaz naturel	0,76	0,02	0,08	0,11	0,13	0,17	0,18	0,19
Transport ferroviaire	6,9	6,6	6,4	7,3	7,4	7,5	6,9	6,8
Transport maritime	3,1	4,0	3,3	3,5	3,5	4,3	3,8	4,4
Transport maritime intérieur	2,2	3,1	3,0	3,2	3,2	4,0	3,6	4,1
Pêches	0,87	0,87	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15	0,18
Transport maritime militaire	0,03	0,03	0,13	0,10	0,09	0,10	0,08	0,08
Autres moyens de transport	36	49	51	55	57	58	52	55
Véhicules hors route : Agriculture et foresterie	8,7	9,9	12	14	14	14	13	13
Véhicules hors route : Commercial et institutionnel	4,2	4,5	5,2	5,7	5,9	6,0	5,3	5,8
Véhicules hors route : Fabrication, mines et construction	12	16	17	19	20	20	17	18
Véhicules hors route : Résidentiel	0,37	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,94
Véhicules hors route : Autres	3,5	7,6	7,9	8,0	8,0	7,9	7,6	7,7
Transport par pipeline	6,9	10	7,7	7,6	8,4	8,5	7,7	8,7
c. Sources fugitives	48	70	66	66	66	64	55	55
Exploitation de la houille	2,8	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2
Pétrole et gaz naturel	45	69	65	65	65	63	54	54
d. Transport et stockage du CO₂	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS	57	57	54	52	54	53	50	52
a. Produits minéraux	8,5	10	7,9	8,6	8,7	8,8	8,2	9,0
Production de ciment	5,8	7,6	6,1	6,9	7,0	7,2	6,7	7,4
Production de chaux	1,8	1,8	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3
Utilisation de produits minéraux	0,86	0,91	0,39	0,33	0,32	0,31	0,30	0,31
b. Industries chimiques	18	10	6,8	6,3	6,4	6,2	5,9	5,7
c. Production de métaux	24	20	15	15	15	14	13	14
d. Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃	1,0	5,1	11	11	12	12	12	11
e. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant	5,8	10	12	11	11	11	10	11
f. Fabrication et utilisation d'autres produits	0,37	0,54	0,60	0,63	0,70	0,67	0,72	0,72
AGRICULTURE	41	54	53	52	53	54	55	54
a. Fermentation entérique	22	31	24	24	24	24	24	24
b. Gestion des fumiers	6,1	8,7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
c. Sols agricoles	11	13	18	17	19	19	20	19
d. Incinération des résidus agricoles dans les champs	0,22	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03
e. Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés	1,2	1,4	2,5	2,4	2,6	2,7	3,0	3,1
DÉCHETS	19	22	21	21	21	21	21	21
a. Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement)	16	18	17	17	17	17	17	17
b. Traitement biologique des déchets solides	0,07	0,24	0,32	0,33	0,36	0,36	0,36	0,36
c. Traitement et rejet des eaux usées	1,6	1,9	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6
d. Incinération et combustion à l'air libre de déchets	0,26	0,35	0,20	0,19	0,18	0,18	0,16	0,15
e. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	0,89	1,0	0,78	0,76	0,75	0,73	0,71	0,70
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE	-65	-5,5	-11	-16	-11,3	-19	-13	-17
a. Terres forestières	-203	-136	-136	-135	-133	-136	-131	-133
b. Terres cultivées	1,0	-22	-17	-23	-22	-18	-16	-18
c. Prairies	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d. Terres humides	5,4	3,1	3,1	3,1	2,8	3,1	3,5	3,3
e. Établissements	1,9	1,5	2,3	2,2	2,1	1,9	2,1	2,0
g. Produits ligneux récoltés	131	148	137	137	139	130	128	128

Notes :

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

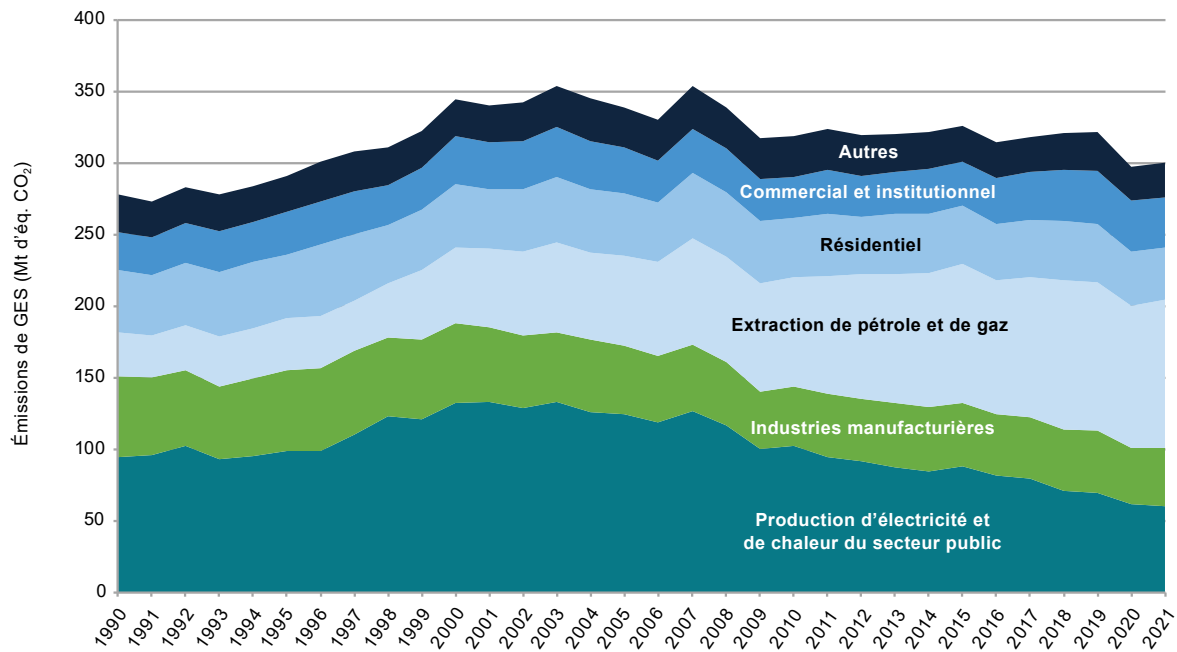
0.00 indique que les émissions ont été tronquées, parce qu'elles ont été arrondies.

- Indique qu'il n'y a aucune émission.

a. Les totaux nationaux présentés dans ce tableau excluent toutes les absorptions déclarées dans le secteur ATCATF.

b. Ces données sommaires sont présentées en détails à ouvert.canada.ca.

Figure 2–8 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources de combustion fixes (1990–2021)



Note : « Autres » comprend les Industries de raffinage du pétrole, la Construction, l'Exploitation minière, ainsi que l'Agriculture et foresterie.

Tableau 2–4 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	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990–2021	2005–2021
Sources de combustion fixes	278	339	315	318	321	322	298	300	8 %	-11 %
Production d'électricité et de chaleur du secteur public	95	125	82	79	71	70	62	60	-36 %	-52 %
Raffinage du pétrole	17	20	16	15	15	16	13	13	-24 %	-34 %
Extraction de pétrole et de gaz	31	63	94	98	104	104	99	103	235 %	64 %
Exploitation minière	4,7	4,3	4,5	5,1	6,6	6,3	6,0	6,4	38 %	47 %
Industries manufacturières	56	48	43	43	43	43	39	41	-28 %	-15 %
Sidérurgie	4,9	5,5	5,6	6,0	6,4	6,1	4,6	5,2	4 %	-6 %
Métaux non ferreux	3,5	3,8	3,5	3,4	3,0	3,4	3,3	3,2	-10 %	-17 %
Produits chimiques	8,3	8,3	11	10	9,4	10	9,5	9,2	11 %	11 %
Pâtes et papiers, et Imprimerie	14	8,6	6,0	6,4	7,1	7,2	6,5	6,9	-53 %	-20 %
Ciment	4,0	5,4	3,9	4,2	4,2	4,0	3,6	3,9	-3 %	-29 %
Autres industries manufacturières	21	16	13	13	13	13	12	12	-42 %	-24 %
Construction	1,9	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	-22 %	1 %
Commercial et institutionnel	26	32	32	34	35	37	36	35	35 %	9 %
Résidentiel	44	43	39	40	42	41	38	37	-17 %	-16 %
Agriculture et foresterie	2,4	2,2	3,2	3,1	3,2	3,5	3,0	3,1	28 %	41 %

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

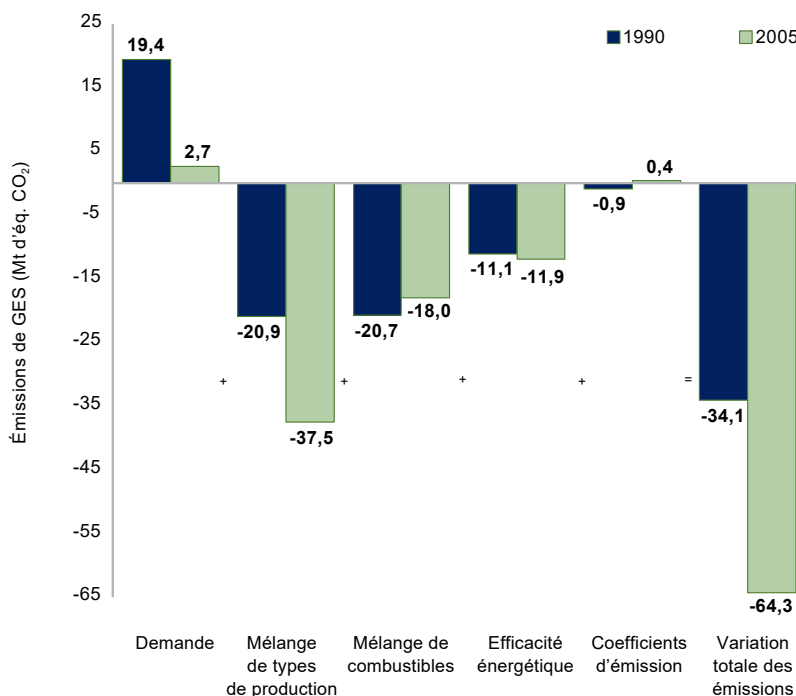
Production d'électricité et de chaleur du secteur public (émissions de GES en 2021 : 60 Mt)

Les émissions de la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public ont diminué de 36 % entre 1990 et 2021.

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 2021, la production d'électricité (stimulée par la demande) a augmenté de 33 % (Statistique Canada, 1990–), passant de 433 TWh⁴ à 574 TWh. Malgré l'intensification de la demande pendant cette période, les émissions de GES ont chuté de 36 % (34 Mt) entre 1990 et 2021. De la même façon, la production d'électricité a augmenté de 4 % entre 2005 et 2021, tandis que les émissions correspondantes ont diminué de 52 % (64 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 2–9).

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 106 % de la hausse de production enregistrée entre 1990 et 2021, et contribuaient à 84 % de la production totale d'électricité en 2021. La production d'hydroélectricité comptabilisait à elle seule 62 % de la production totale d'électricité en 2021, suivie de la production d'énergie nucléaire à 15 % et des sources d'énergies renouvelables autres que l'hydroélectricité à 6 %. La réduction des émissions observée depuis 1990 (21 Mt) et 2005 (38 Mt) est principalement attribuable au recours accru à des sources autres que la combustion dans le mélange des types de production (Figure 2–9).

Figure 2–9 Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES de la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public, 1990–2021 et 2005–2021



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.

4 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.

De plus, les combustibles utilisés dans les mélanges de combustibles servant à produire de l'électricité par combustion sont passés de façon constante à des combustibles d'une moindre intensité de GES. Entre 2005 et 2021, la quantité d'électricité produite par les centrales alimentées au gaz naturel a augmenté de 83 % (25 TWh), et la quantité produite à partir de charbon et de produits pétroliers raffinés a baissé d'environ 66 % (62 TWh) et 81 % (8,7 TWh), respectivement. 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'impact global du remplacement du charbon et des produits pétroliers raffinés par le gaz naturel a été une baisse d'environ 21 Mt entre 1990 et 2021 et d'environ 18 Mt entre 2005 et 2021.

L'efficacité de l'équipement de combustion a également joué un rôle dans la réduction des émissions de GES. Les améliorations en matière d'efficacité énergétique ont entraîné une réduction d'environ 11 Mt d'émissions de GES entre 1990 et 2021 et de 12 Mt entre 2005 et 2021.

Extraction de pétrole et de gaz (émissions de GES en 2021 : 103 Mt)

Les émissions de combustion fixe de la catégorie Extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 72 Mt (235 %) entre 1990 et 2021 et de 40 Mt (64 %) entre 2005 et 2021. Cette catégorie comprend les émissions associées à l'utilisation de combustibles pour la Production et le traitement du gaz naturel, la Production de pétrole classique ainsi que l'Exploitation, l'extraction et la valorisation des sables bitumineux. L'augmentation des émissions est attribuable à une hausse de 200 % de la production de bitume naturel non valorisé et de pétrole brut synthétique par l'industrie des sables bitumineux depuis 2005 (AER, 2022), ainsi que de 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, le bitume naturel est extrait par l'exploitation de mines à ciel ouvert, des techniques d'extraction thermique sur place comme le drainage par gravité à l'aide de vapeur (DGV) 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 d'injecter de grands volumes de vapeur, généralement produite par la combustion de gaz naturel, dans la formation productrice. Depuis 2005, la consommation totale de gaz naturel dans la catégorie Extraction de pétrole et de gaz a augmenté d'environ 82 % (Statistique Canada, 1990–), et la production thermique sur place a grimpé de plus de 400 % (AER, 2022). En général, l'augmentation des émissions provenant de l'Extraction de pétrole et de gaz peut être attribuable à différentes activités, mais elle semble concorder avec l'augmentation de 480 % de la production de bitume non valorisé par l'exploitation minière ou l'extraction thermique dans la région des sables bitumineux du Canada, en particulier de la production par DGV. À l'opposé, depuis 2005, la production de gaz naturel a diminué de 6 % (Statistique Canada, 1990–), 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 7 % (AER, 2022; Statistique Canada, s.d. [c], s.d. [d]).

Des renseignements supplémentaires sur la catégorie Extraction de pétrole et de gaz sont fournis au Tableau 2–12, où les émissions sont réparties par secteur économique (Production et traitement du gaz naturel, Production de pétrole classique et Sables bitumineux). La section 2.4.1 présente également une brève analyse des tendances dans l'industrie pétrolière et gazière, par secteur économique.

Industries manufacturières (émissions de GES en 2021 : 41 Mt)

Les émissions de GES imputables à la combustion dans la catégorie Industries manufacturières englobent la combustion de combustibles fossiles par plusieurs industries : Sidérurgie, Métaux non ferreux, Produits chimiques, Ciment, Pâte, papier et imprimerie et Autres industries manufacturières.

En 2021, les émissions de GES des Industries manufacturières s'élevaient à 41 Mt, en baisse de 28 % (16 Mt) par rapport à 1990 et de 15 % (7,2 Mt) depuis 2005. La diminution entre 2005 et 2021 résulte d'une diminution des émissions dans les sous-catégories Autres industries manufacturières (-3,8 Mt), Pâte, papier et imprimerie (-1,7 Mt), Ciment (-1,6 Mt), Métaux non ferreux (0,6 Mt) et Sidérurgie (-0,3 Mt), contrebalancée par une augmentation dans les Produits chimiques (1,4 Mt).

Comme pour la production d'électricité, la diminution des émissions des Industries manufacturières est en grande partie attribuable à une diminution de l'utilisation de combustibles et du remplacement des combustibles par des combustibles à intensité plus faible. En 1990, le gaz naturel représentait 89 % du mélange de combustibles des Autres industries manufacturières, tandis qu'en 2021, il ne représentait que 67 %, ayant été remplacé par du bois de chauffage. Ces deux combustibles constituaient 94 % du mélange de combustibles en 2021. En 1990, le mazout lourd représentait 17 % du mélange de combustibles dans la sous-catégorie Pâte, papier et imprimerie, alors qu'en 2021, ce mélange était composé à 99 % de combustibles moins intensifs en émissions de GES, comme le gaz naturel, la lessive de pâte épuisée et les déchets de bois. Par contre, les émissions des combustions des industries chimiques affichaient une augmentation de 0,9 Mt (11 %), ce qui concorde généralement avec une hausse de 27 %⁵ de la production de produits chimiques entre 1990 et 2021.

5 Griffin, B. 2023. Communication personnelle (courriel de Griffin B. à Kay J., spécialiste des sciences physiques, DIRP, daté du 7 février 2023). Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions.

Résidentiel, Commercial et institutionnel (émissions de GES en 2021 : 72 Mt)

Les émissions de GES des 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 CO₂ seulement), principalement pour chauffer les bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels. En 2021, ces catégories ont généré environ 72 Mt de GES, une augmentation de 2,9 % depuis 1990.

Dans l'ensemble, les émissions de la catégorie Résidentiel ont diminué de 7,2 Mt (17 %) entre 1990 et 2021, et de 6,8 Mt (16 %) entre 2005 et 2021. À l'inverse, les émissions de la catégorie Commercial et institutionnel ont crû de 9,2 Mt (35 %) entre 1990 et 2021 et de 3,0 Mt (9,4 %) entre 2005 et 2021. Les améliorations observées dans l'efficacité énergétique, les nouvelles constructions résidentielles 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 catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel (Figure 2-10 et Figure 2-11).

Dans la catégorie Résidentiel, les facteurs qui ont contribué le plus à la hausse des émissions ont été la démographie et la superficie utile par personne, bien que leurs effets aient été plus que compensés par les améliorations de l'efficacité énergétique, qui équivalent à une diminution de 25,2 Mt des émissions entre 1990 et 2021. Une diminution de la consommation de mazout léger dans l'ensemble des provinces et des territoires, particulièrement au Québec et en Ontario, entre 1990 et 2021, est le plus grand facteur de la diminution de 1,7 Mt de la contribution du mélange de combustibles aux émissions résidentielles durant cette période.

À long terme, la superficie utile a été le facteur de croissance des émissions le plus important dans la catégorie Commercial et institutionnel, ayant augmenté de 50 % depuis 1990⁶. La hausse des émissions de 12 Mt qui en découle a été partiellement contrebalancée par des améliorations dans le mélange de combustibles; le résultat équivaut à une baisse de 1,0 Mt des émissions de GES (Figure 2-11).

Le régime climatique peut avoir un effet sur la variabilité interannuelle des émissions, comme semble l'indiquer le rapport étroit entre les degrés-jours de chauffage (DJCh) et les émissions de GES (Figure 2-12). 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.

Autres sources de combustion fixes (émissions de GES de 2021 : 24 Mt)

Les autres sources de combustion fixes comprennent les émissions engendrées par l'utilisation de combustibles dans les catégories Industries de raffinage du pétrole, Exploitation minière, Construction et Agriculture et foresterie. De 1990 à 2021, la catégorie Industries de raffinage du pétrole a présenté une diminution des émissions de GES de 4,2 Mt (24 %), Exploitation minière, une augmentation de 1,8 Mt (38 %), Construction, une diminution de 0,42 Mt (22 %), et Agriculture et foresterie, une augmentation de 0,68 Mt (28 %).

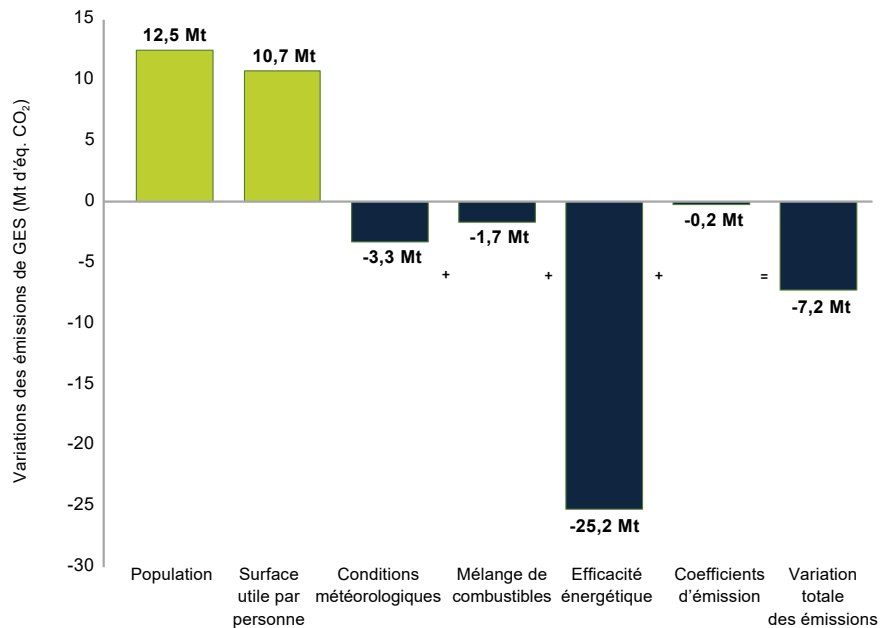
2.3.1.2. Transports (émissions de GES en 2021 : 188 Mt)

Le secteur des Transports est vaste et diversifié, et ses émissions de GES ont atteint 188 Mt, ce qui représente 35 % des émissions découlant du secteur de l'Énergie au Canada en 2021. 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 2-5). De 1990 à 2021, les émissions des Transports ont augmenté de 29 % (42 Mt), ce qui représente une portion importante de la croissance des émissions du Canada. Entre 2019 et 2020, elles ont diminué de 15 % (31 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 2,7 % (5,1 Mt). Entre 2020 et 2021, les émissions des Transports ont augmenté de 5,0 % (9,0 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 (Figure 2-13). La catégorie Autres moyens de transport (hors route et pipelines) arrive au deuxième rang, avec 29 % des émissions des Transports, 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 2021, ses émissions ont augmenté de 18 % (0,8 Mt). Ensemble, les catégories Transport maritime et Transport ferroviaire ont produit environ 6,0 % des émissions des Transports en 2021 et, dans l'ensemble, leurs émissions sont demeurées stables au fil de la série chronologique 1990-2021.

⁶ Kaymak, D. 2022. Communication personnelle (courriel de Kaymak D. à Kay, J., spécialiste des sciences physiques, DIRP, daté du 22 novembre 2022). Direction de l'analyse économique, Environnement et Changement climatique Canada.

Figure 2-10 Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Résidentiel, entre 1990 et 2021



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.

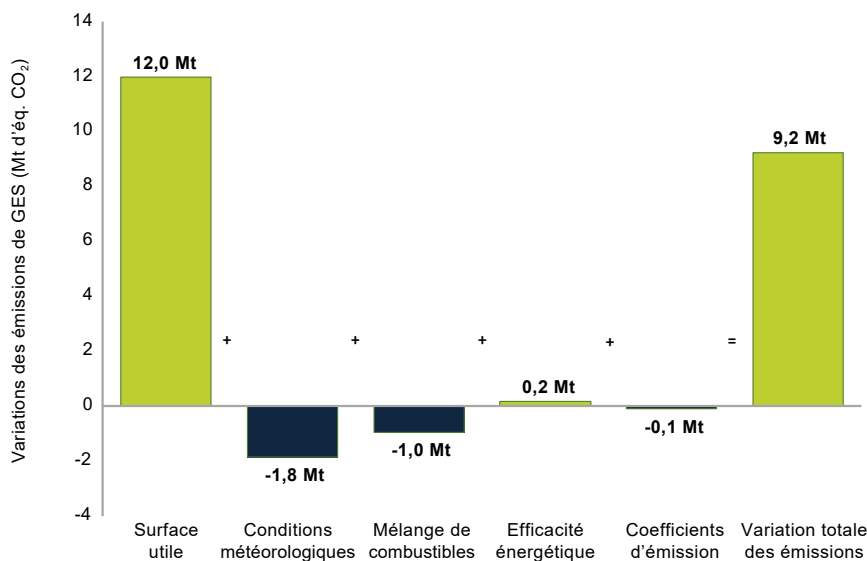
Conditions météorologiques – Il s'agit des fluctuations des conditions météorologiques, notamment les températures hivernales.

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 2-11 Facteurs contribuant à la variation des émissions de GES provenant de sources fixes dans la catégorie Commercial et institutionnel, entre 1990 et 2021



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 2-12 Degrés-jours de chauffage (DJCh) et émissions de GES des catégories Résidentiel et Commercial et institutionnel (1990-2021)

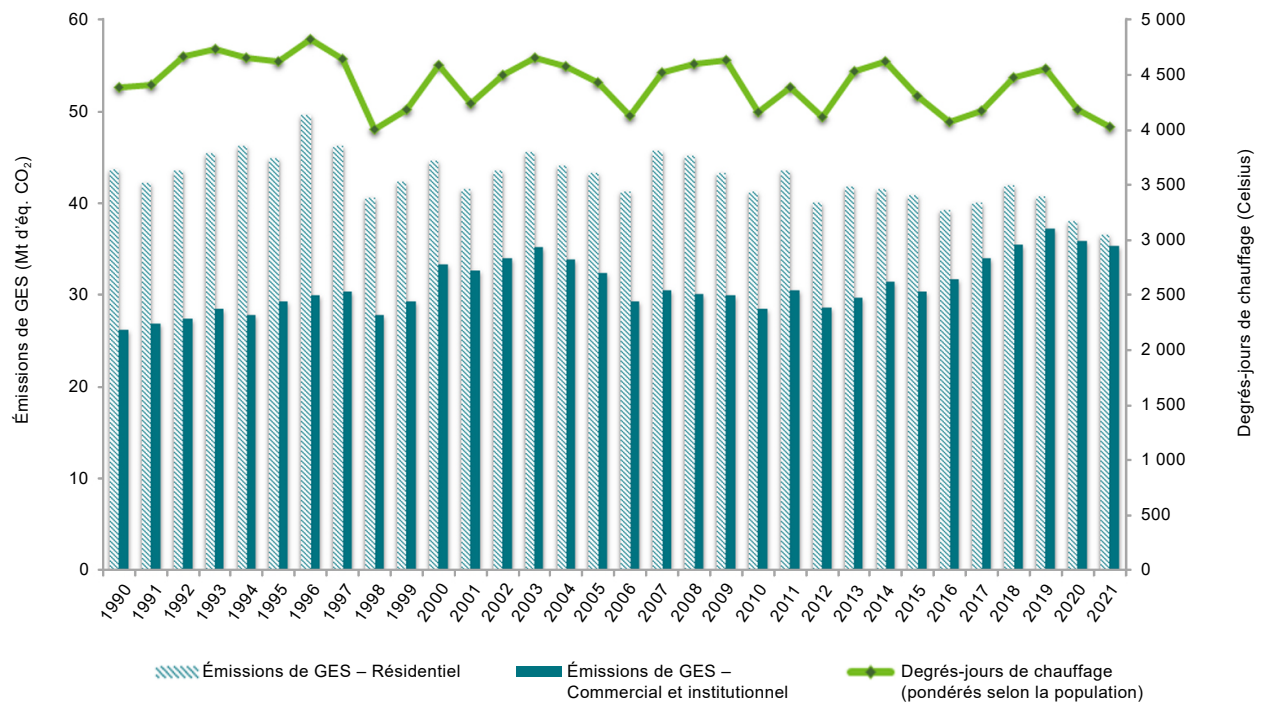


Figure 2-13 Tendances des émissions canadiennes de GES attribuables aux Transports (1990-2021)

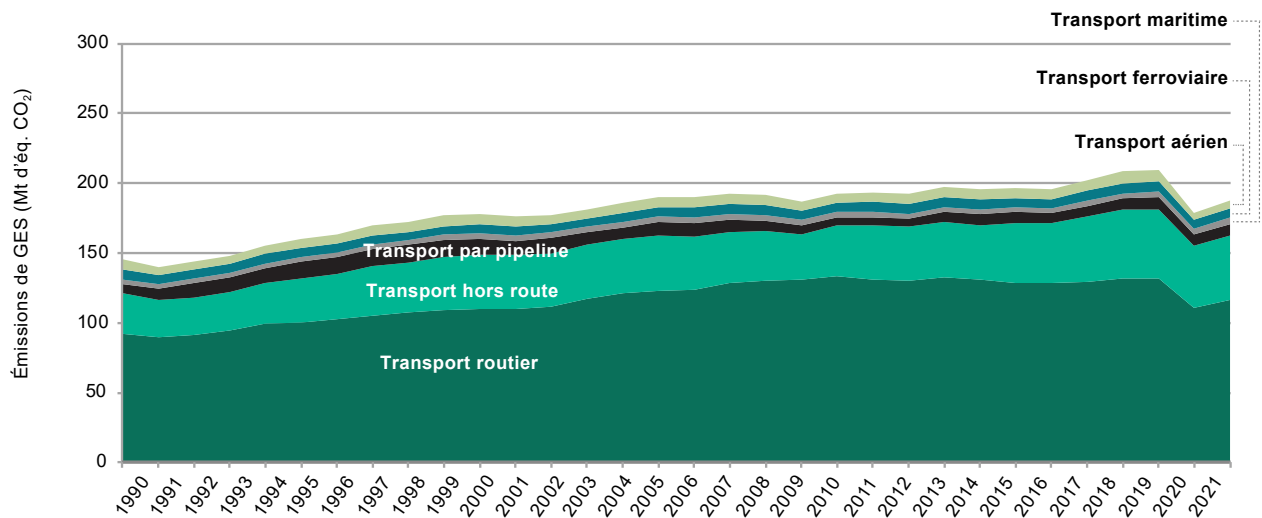


Tableau 2-5 Émissions de GES des Transports, certaines années

Code CUPR	Catégories	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)								Variation (%)	
		1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990-2021	2005-2021
1.A.3	Transports	145	191	196	202	209	210	179	188	29 %	-2 %
	Transport aérien	7,5	7,7	7,5	7,9	8,7	8,6	4,7	5,6	-26 %	-28 %
1.A.3.a	Transport aérien intérieur (civil)	7,3	7,5	7,3	7,7	8,4	8,3	4,6	5,4	-26 %	-28 %
1.A.5.b	Militaire	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-14 %	-23 %
	Transport routier	92	123	128	129	132	132	111	116	26 %	-5 %
1.A.3.b.i	Véhicules légers à essence	44	41	34	34	33	32	25	24	-46 %	-41 %
1.A.3.b.ii	Camions légers à essence	25	41	50	52	53	55	47	50	104 %	23 %
1.A.3.b.iii	Véhicules lourds à essence	4,8	4,6	4,4	4,4	4,5	4,5	4,2	4,3	-10 %	-7 %
1.A.3.b.iv	Motocyclettes	0,2	0,5	0,9	0,9	0,9	1,0	0,8	0,8	275 %	67 %
1.A.3.b.i	Véhicules légers à moteur diesel	0,4	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3	-12 %	-52 %
1.A.3.b.ii	Camions légers à moteur diesel	0,9	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	-19 %	-5 %
1.A.3.b.iii	Véhicules lourds à moteur diesel	16	34	37	37	39	38	33	35	124 %	2 %
1.A.3.b.v	Véhicules au propane ou au gaz naturel	0,8	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	-75 %	723 %
1.A.3.c	Transport ferroviaire	6,9	6,6	6,4	7,3	7,4	7,5	6,9	6,8	-1 %	4 %
	Transport maritime	3,1	4,0	3,3	3,5	3,5	4,3	3,8	4,4	42 %	9 %
1.A.3.d	Transport maritime intérieur	2,2	3,1	3,0	3,2	3,2	4,0	3,6	4,1	88 %	33 %
1.A.4.c.iii	Pêches	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-79 %	-79 %
1.A.5.b	Transport maritime militaire	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	186 %	201 %
	Autres moyens de transport	36	49	51	55	57	58	52	55	52 %	11 %
1.A.4.c.ii	Véhicules hors route : Agriculture et foresterie	8,7	10	12	14	14	14	13	13	53 %	35 %
1.A.4.a.ii	Véhicules hors route : Commercial et institutionnel	4,2	4,5	5,2	5,7	5,9	6,0	5,3	5,8	37 %	29 %
1.A.2.g.vii	Véhicules hors route : Fabrication, mines et construction	12	16	17	19	20	20	17	18	47 %	12 %
1.A.4.b.ii	Véhicules hors route : Résidentiel	0,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	156 %	-23 %
1.A.3.e.ii	Véhicules hors route : Autres	3,5	7,6	7,9	8,0	8,0	7,9	7,6	7,7	123 %	2 %
1.A.3.e.i	Transport par pipeline	6,9	10	7,7	7,6	8,4	8,5	7,7	8,7	26 %	-14 %

Transport routier (émissions de GES en 2021 : 116 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 de contrôle des émissions 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 à la fois des TAK et de la taille du parc automobile. En 2021, le total des VKP a augmenté de 5,3 %, la plus grande augmentation relative d'une année à l'autre enregistrée depuis 1994.

Le parc total de véhicules a crû de 51 % depuis 1990 (de 26 % depuis 2005), et de façon très marquée dans les camions légers, qui ont augmenté de façon constante tout au long de la série chronologique 1990-2021 (Tableau 2-6). Le parc de véhicules lourds a augmenté constamment pendant la majorité de la série chronologique, mais s'est stabilisé dans les dernières années. Le parc de véhicules légers est demeuré relativement stable pendant la majorité de la série chronologique, mais a diminué de façon notable ces dernières années, ce qui a donné lieu à la diminution observée du parc total en 2019 et après.

Malgré la diminution du nombre total de VKP et des parcs automobiles par rapport aux niveaux de 2019, l'augmentation constante de l'ensemble du parc avant 2019 a entraîné une augmentation des VKP totaux de 62 % et de 14 % en 2021 par rapport aux totaux de 1990 et de 2005, respectivement. 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 2021, il comptait environ 160 000 véhicules entièrement électriques, une hausse de 49 % depuis 2020.

Tableau 2-6 **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
2016	10 751	10 838	1 953	24 258
2017	10 578	11 302	1 945	24 546
2018	10 494	11 847	1 952	25 023
2019	10 328	12 347	1 940	25 351
2020	9 667	12 503	1 898	24 804
2021	8 939	13 014	1 948	24 637
Variation depuis 1990	-18 %	220 %	80 %	51 %
Variation depuis 2005	-15 %	88 %	19 %	26 %

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.

Les tendances du parc de véhicules ne comprennent pas les véhicules électriques.

Véhicules légers à essence (émissions de GES en 2021 : 24 Mt)

Depuis 1990, les émissions des Véhicules légers à essence (automobiles) sont en diminution constante. En 2021, elles étaient inférieures de 46 % (20 Mt) et de 41 % (17 Mt) à celles de 1990 et 2005, respectivement. Cette diminution est largement attribuable à l'amélioration du 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 2-14).

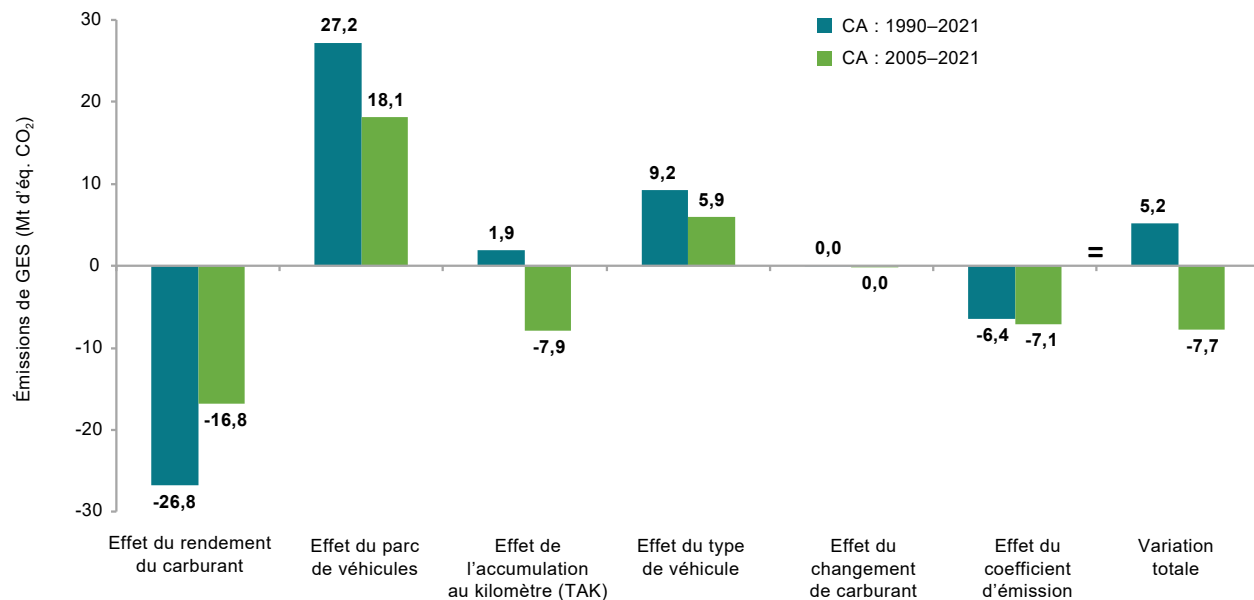
Camions légers à essence (émissions de GES en 2021 : 50 Mt)

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 2021 étant de 104 % (26 Mt) et 23 % (9,3 Mt) supérieures à celles de 1990 et 2005, respectivement. Cette augmentation est largement attribuable à une hausse des ventes de camions légers, compensée par une amélioration du rendement énergétique moyen du parc, l'intégration de technologies de contrôle des émissions et un recours accru aux biocarburants (Figure 2-14). Les Camions légers à essence sont les principaux contributeurs à la croissance des émissions signalée pour le Transport routier; ils sont responsables de 56 % de la croissance de 1990 à 2021, et de 89 % de la croissance de 2005 à 2021.

Véhicules lourds à moteur diesel (émissions de GES en 2021 : 35 Mt)

De 1990 à 2011, les émissions des Véhicules lourds à moteur diesel ont augmenté de façon constante pour atteindre un sommet de 45 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 réduction de la croissance du parc de véhicules lourds. En 2021, les émissions provenant de ces véhicules étaient estimées à environ 35 Mt, une augmentation de 124 % (20 Mt) et de 2,5 % (0,9 Mt) par rapport à 1990 et 2005, respectivement. 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.

Figure 2-14 Facteurs contribuant à la variation des émissions des véhicules légers, 1990-2021 et 2005-2021



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 1990-2021 et 2005-2021.

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 et camions 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 CH₄ et de N₂O ainsi qu'à l'utilisation de biocarburants.

Autres moyens de transport : Véhicules hors route (émissions de GES en 2021 : 46 Mt)

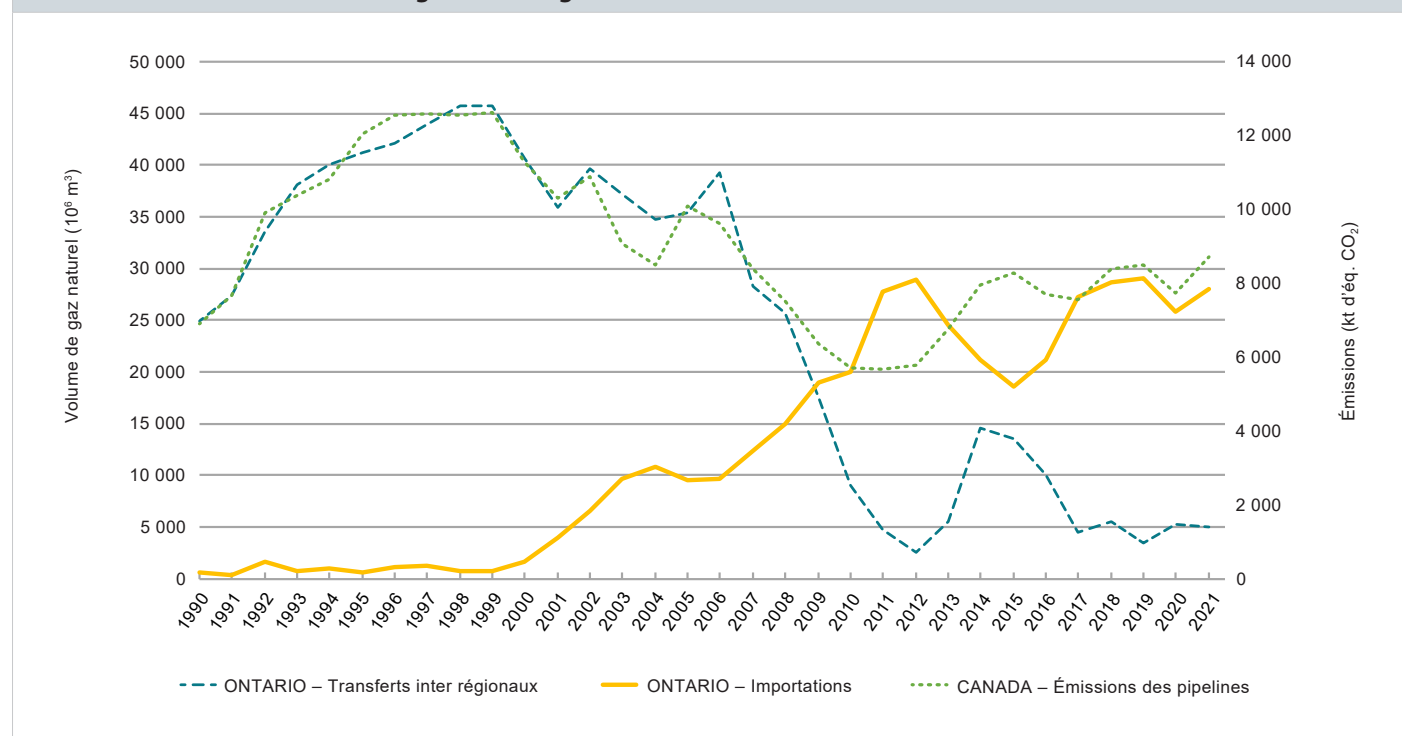
Les émissions hors route résultent surtout de la combustion de diesel et d'essence dans une grande variété d'applications, notamment par la machinerie lourde mobile employée dans les industries de la construction, des mines et de l'exploitation forestière; les tracteurs agricoles et moissonneuses-batteuses; les véhicules récréatifs tels que motoneiges et véhicules tout-terrain; l'équipement résidentiel comme les tondeuses et les taille-haies. En 2021, les émissions des sous-catégories Véhicules hors routes : Fabrication, mines et construction ainsi que Véhicules hors route : Agriculture et foresterie représentaient 39 % et 29 % des émissions hors route, respectivement. Les émissions nettes de l'ensemble des sous-catégories hors route ont augmenté de 58 % (17 Mt) depuis 1990 et de 17 % (6,6 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 2021 : 8,7 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 2021, plus de 99 % de la production de gaz naturel commercialisable était effectuée dans l'Ouest du Canada : Alberta (67 %), Colombie-Britannique (30 %) et Saskatchewan (2,3 %). Bien que ces provinces représentent environ 65 % 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 en produit moins de 0,05 % (Statistique Canada, 1990–). La demande en gaz naturel en Ontario de même que l'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 principal 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, 1990–) 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 2–15).

Figure 2–15 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



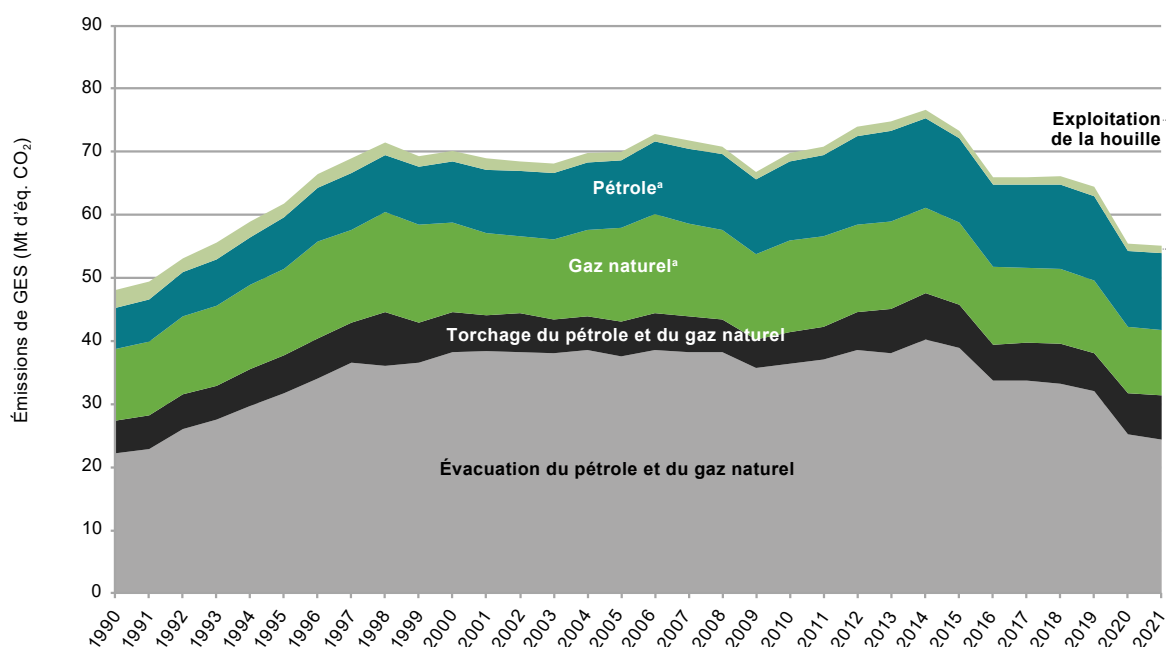
2.3.1.3. Sources fugitives (émissions de GES en 2021 : 55 Mt)

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 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 7 Mt (15 %) entre 1990 (48 Mt) et 2021 (55 Mt) (Tableau 2-7), mais présentent de nombreuses variations au cours de la série chronologique. Elles ont atteint un sommet en 2014 à 77 Mt (Figure 2-16), une valeur près de 60 % supérieure à celle de 1990. Les émissions fugitives du Pétrole et gaz naturel ont augmenté de 30 Mt (66 %) pendant cette période, tandis que les rejets provenant de l'Exploitation de la houille ont diminué de 1,5 Mt (54 %), principalement en raison de la fermeture de mines de charbon dans l'est du Canada.

Bien que la production dans les sables bitumineux représente environ 72 % de la production totale de pétrole en 2021, elle n'a été à l'origine que de 20 % des émissions fugitives totales du secteur pétrolier et gazier. Étant donné que la grande majorité 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).

Figure 2-16 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant des Sources fugitives (1990-2021)



Note :

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

Tableau 2-7 Émissions de GES des Sources fugitives, certaines années

Catégorie de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)								Variation (%)	
	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990-2021	2005-2021
Sources fugitives^a	48	70	66	66	66	64	55	55	15 %	-21 %
Exploitation de la houille	2,8	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	-58 %	-16 %
Pétrole et gaz naturel	45	69	65	65	65	63	54	54	19 %	-21 %
Pétrole ^b	6,5	11	13	13	13	13	12	12	87 %	14 %
Gaz naturel ^b	11	15	12	12	12	12	11	10	-9 %	-30 %
Évacuation	22	38	34	34	33	32	25	24	9 %	-35 %
Torçage	5,1	5,4	5,7	6,0	6,2	6,0	6,6	7,1	40 %	30 %

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.

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. 2014–2021 : diminution des émissions

Les émissions fugitives du pétrole et du gaz ont augmenté de façon constante de 45 Mt en 1990 à 68 Mt en 2000 (51 %). En outre, plus de 120 000 puits de pétrole et de gaz ont été forés entre 1990 et 2000 (ACPP, 2022). 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 l'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 6,9 Mt (10 %) entre 2000 et 2014, et ont atteint un sommet de 75 Mt cette dernière année. 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, 2022; StatCan, s.d.[c], s.d.[d]) et celle d'un puits de gaz a diminué de 62 % dans l'Ouest canadien (ACPP, 2022; StatCan, s.d.[e], s.d.[f]).

Entre 2014 et 2019, les émissions ont chuté de 12 Mt (16 %), principalement en raison de la réduction des opérations de ventilation et de torchage, car plus de gaz a été conservé. Il y a également eu une contraction dans le secteur, le nombre de puits en activité ayant diminué de 10 % et celui des nouveaux puits forés ayant diminué de presque 50 % par rapport à la période précédente de six ans.

De 2019 à 2020, les émissions ont diminué de 8,7 Mt (14 %). Cette diminution coïncide avec plusieurs facteurs contributifs, dont les suivants :

1. L'adoption d'un règlement fédéral (ECCC, 2018) et de règlements provinciaux équivalents⁷ (AB, 2018; BC, 2021; SK, 2020) visant à réduire les émissions de CH₄ des activités pétrolières et gazières, qui sont entrés en vigueur le 1^{er} janvier 2020.
2. La contraction générale de l'industrie, qui a enregistré une diminution de 9 % de la production de pétrole classique, une diminution de 1 % de la production de gaz naturel et de 11 % du nombre de puits de pétrole et de gaz en activité.
3. La mise à jour des exigences relatives à la déclaration des volumes de gaz évacués en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan, qui a entraîné des incohérences méthodologiques entre 2019 et 2020. Comme les données déclarées servent à estimer les émissions, les changements aux exigences de déclaration ont compliqué le processus d'estimation et pourraient avoir artificiellement contribué à une baisse des émissions estimées entre 2019 et 2020. Voir l'annexe 3.2, à la section 3.2.2.1.5, pour en savoir plus.
4. Une forte baisse du prix du pétrole à l'apparition de la pandémie de COVID-19.

En 2021, les émissions fugitives du pétrole et du gaz étaient à peu près égales à celles de 2020. L'activité dans le secteur a repris après les effets initiaux de la pandémie de COVID-19 en 2020. Entre 2020 et 2021, la production de gaz naturel a augmenté de 4 %, le nombre de puits de pétrole et de gaz en activité, de 3 %, et le nombre de puits forés, de plus de 50 %. Une amélioration de la conformité aux règlements fédéraux et provinciaux a probablement compensé l'augmentation attendue en raison de la hausse de la production.

⁷ 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, n° 1) le 26 avril 2018. Le *Règlement fédéral sur le méthane* est entré en vigueur le 1^{er} janvier 2020, à l'exception des articles 26, 27 et 37 à 41, qui entreront en vigueur le 1^{er} 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 sont conclus pour le *Règlement fédéral sur le méthane* avec l'Alberta (ECCC, 2020a), la Colombie-Britannique (ECCC, 2020b) et la Saskatchewan (ECCC, 2020c).

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 classiques, comme celles utilisées pour le présent rapport, font appel à des méthodes techniques pour estimer les émissions de chaque source à partir 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.

De récentes études menées au Canada, où des mesures atmosphériques étaient employées pour obtenir des estimations descendantes, semblent indiquer que les inventaires ascendants sous-estiment les émissions de méthane (CH₄) provenant de l'industrie pétrolière et gazière (p. ex., Atherton et al., 2017; Johnson et al., 2017; Zavala-Araiza et al., 2018; Chan et al., 2020; Mackay et al., 2021; Tyner et Johnson, 2021; Festa-Bianchet et al., 2023). Bon nombre de ces études soulignent l'importance des « super émetteurs » qui, malgré leur petit nombre, produisent des émissions qui contribuent considérablement et de façon disproportionnée au total des émissions produites dans l'industrie.

Par le passé, les mesures atmosphériques ne permettaient que de faire des estimations à grande échelle par région ou par installation, et pas de produire des estimations par source d'émissions dans chacune des installations. Il faut ce niveau de précision pour bien comprendre les écarts entre les méthodes descendantes et ascendantes. Grâce à des avancées récentes dans les techniques de mesure atmosphérique, certaines sources peuvent maintenant être identifiées (p. ex., Johnson et al., 2021, 2023).

ECCC collabore activement avec des chercheurs pour comprendre les écarts entre les méthodes d'inventaire ascendantes et les mesures atmosphériques afin d'améliorer la précision des estimations des inventaires dans les futures éditions de ce rapport.

2.3.1.4. Tendances en matière de Transport et stockage du CO₂

En 2016, en Alberta, le captage, transport et stockage du CO₂ se sont amorcés aux fins de stockage géologique à long terme. Dans le cadre du projet Quest, du CO₂ est capté à l'installation de valorisation de Scotford de Shell et est transporté 65 km plus au nord vers un site de stockage permanent. En 2020, les émissions de CO₂ d'une installation productrice d'engrais Nutrien ont commencé à être introduites dans le circuit principal de l'Alberta destiné à améliorer la récupération du pétrole en Alberta.

Au Canada, presque toutes les autres activités de transport et stockage de CO₂ actuelles sont associées aux opérations de récupération de pétrole qui se déroulent à Weyburn, en Saskatchewan. À partir de 2014, les exploitations de Weyburn ont commencé à recevoir la majorité du CO₂ capté à la centrale électrique alimentée au charbon de Boundary Dam, en Saskatchewan. En outre, le projet Aquistore et son complexe de stockage des sables du Cambrien basal injectent une petite quantité de CO₂ de Boundary Dam dans un lieu de stockage permanent à long terme.

Le Tableau A10-3 (Annexe 10) présente des détails sur les volumes de CO₂ captés conformément à l'origine du CO₂ capté (une installation de valorisation et une usine de production d'énergie à partir du charbon), et ces volumes sont soustraits des émissions déclarées dans les secteurs Exploitation minière et Production de pétrole et de gaz en amont, et Production d'électricité et de chaleur du secteur public en Alberta et en Saskatchewan, respectivement.

L'Annexe 9 du rapport présente les émissions provenant des systèmes de transport de CO₂ dans les tableaux synthèses des émissions annuelles de GES au Canada, tandis que l'Annexe 11 présente les émissions par province et territoire.

2.3.2. Procédés industriels et utilisation des produits (émissions de GES de 2021 : 52 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 SF₆ et de NF₃, 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 52 Mt (7,7 %) des émissions du Canada de 2021, contre 57 Mt (7,7 %) en 2005, soit une baisse d'environ 4,6 Mt ou 8 %. 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.

Depuis 2005, la réduction des émissions provenant de la Production sidérurgique (CO₂), de la Production d'aluminium (PFC), de la Production d'acide adipique (N₂O), du SF₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage du magnésium (SF₆), de la Production d'acide nitrique (N₂O) et de la Production de ciment (CO₂) a été principalement contrebalancée par l'augmentation des émissions issues de la Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃ (principalement des HFC) (Figure 2-17 et Tableau 2-8).

Une augmentation des émissions de procédés de 2020 à 2021 de 1,6 Mt (3,1 %) a été observée dans certains sous-secteurs et certaines catégories, notamment dans l'Industrie sidérurgique, la Production de ciment, la Production de chaux et les Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant, où elle est due à un retour aux niveaux de production normaux dans les installations à la suite des fermetures temporaires de 2020. En 2021, les émissions ayant le plus contribué aux émissions du secteur provenaient de la Production de métaux (14 Mt), suivie de la Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃ (principalement des HFC) (11 Mt) et des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (11 Mt) (Tableau 2-8).

Figure 2-17 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources des Procédés industriels et utilisation des produits (1990-2021)

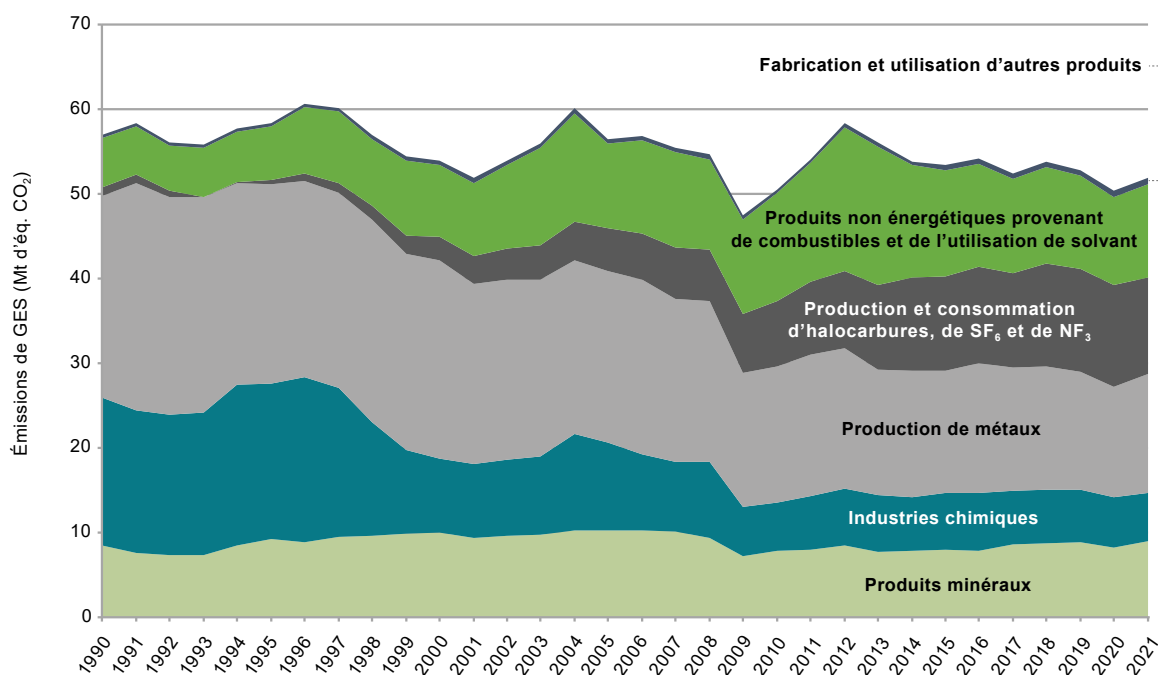


Tableau 2-8 Émissions de GES des catégories des Procédés industriels et utilisation des produits, certaines années

Catégories de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)								Variation (%)	
	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990-2021	2005-2021
Total – Procédés industriels	57	57	54	52	54	53	50	52	-9 %	-8 %
Produits minéraux	8,5	10	7,9	8,6	8,7	8,8	8,2	9,0	6 %	-12 %
Production de ciment	5,8	7,6	6,1	6,9	7,0	7,2	6,7	7,4	27 %	-3 %
Production de chaux	1,8	1,8	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	-27 %	-25 %
Utilisation de produits minéraux	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-64 %	-66 %
Industrie chimique	18	10	6,8	6,3	6,4	6,2	5,9	5,7	-67 %	-45 %
Production d'ammoniac	2,7	2,7	2,8	2,6	2,4	2,5	2,3	2,5	-7 %	-6 %
Production d'acide nitrique	1,0	1,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	-78 %	-82 %
Production d'acide adipique	10	2,5	-	-	-	-	-	-	100 %	100 %
Production pétrochimique et de noir de carbone	3,5	3,9	3,7	3,5	3,7	3,5	3,5	3,0	-15 %	-24 %
Production de métaux	24	20	15	15	15	14	13	14	-41 %	-31 %
Production sidérurgique	10	10	9,2	8,5	8,9	8,3	7,1	8,0	-24 %	-23 %
Production d'aluminium	10	8,7	6,0	6,0	5,5	5,3	5,9	5,8	-43 %	-33 %
SF ₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage du magnésium	3,0	1,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	-95 %	-89 %
Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃	1,0	5,1	11	11	12	12	12	11	1 078 %	125 %
Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant	5,8	10	12	11	11	11	10	11	89 %	11 %
Fabrication et utilisation d'autres produits	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	93 %	33 %

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

2.3.2.1. Produits minéraux (émissions de GES en 2021 : 9,0 Mt)

La Production de ciment domine ce sous-secteur, représentant 82 % des émissions des Produits minéraux en 2021. Les fluctuations 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. Les réductions des émissions de ce sous-secteur ont contribué à une réduction globale de 1,3 Mt (12 %) de 2005 à 2021.

2.3.2.2. Industries chimiques (émissions de GES en 2021 : 5,7 Mt)

De 2005 à 2021, les émissions des Industries chimiques dans leur ensemble ont diminué de 4,6 Mt (45 %). La discontinuation 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 2,5 Mt depuis 2005⁸. Les installations de réduction des émissions de N₂O à une usine de production d'acide nitrique sont majoritairement responsables d'une baisse de 1,0 Mt (82 %) dans ce sous-secteur depuis 2005. Parmi les autres changements figurent une diminution dans la Production pétrochimique et production de noir de carbone (0,93 Mt) due à des fermetures d'installation et à des changements de matières premières dans la production d'éthylène, et une petite réduction (0,17 Mt) dans la Production d'ammoniac, qui est surtout attribuable aux activités de captage et de stockage du carbone (CSC) menées pour la récupération assistée des hydrocarbures (RAH).

2.3.2.3. Production de métaux (émissions de GES en 2021 : 14 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 6,3 Mt (31 %) entre 2005 et 2021.

L'industrie de l'aluminium a abaissé de 3,1 Mt (81 %) ses émissions de PFC, en bonne partie grâce à des améliorations technologiques. Les industries de Production du magnésium et de Moulage du magnésium ont également affiché une baisse des émissions, grâce au remplacement du SF₆ par des substituts et à la fermeture d'usines au fil des ans. La production primaire de magnésium au Canada a cessé en 2009.

L'industrie sidérurgique a vu ses émissions baisser de 2,3 Mt (23 %) de 2005 à 2021. La réduction de l'utilisation du coke métallurgique comme agent réducteur dans la production de fer était principalement responsable de cette baisse des émissions (Statistique Canada, 2004-2012; ACPA, 2013-2019; ECCC, 2022).

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

2.3.2.4. Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃ (émissions de GES en 2021 : 11 Mt)

À l'heure actuelle, il n'y a aucune production d'HFC, de PFC, de SF₆ ni de NF₃ au Canada. L'HFC-23 était fabriqué comme un sous-produit dans la production d'HCFC-22, laquelle s'est arrêtée en 1992. Ainsi, toutes les émissions de ce sous-secteur sont associées à la consommation d'HFC, de PFC, de SF₆ et de NF₃ uniquement. Les émissions de la consommation d'HFC ont augmenté de 6,3 Mt (124 %) de 2005 à 2021, ce qui peut s'expliquer par le remplacement de SAO par des HFC pour la réfrigération et la climatisation depuis l'entrée en vigueur du Protocole de Montréal en 1996. Les émissions d'HFC ont diminué de 0,72 Mt entre 2018 et 2021, en partie à cause d'une réduction des importations en vrac. Les autres sources d'émissions (PFC, SF₆ et NF₃) de ce sous-secteur n'ont pas d'effet notable sur les tendances des émissions, car la deuxième source d'émissions en importance (SF₆) représente moins de 1 % de la valeur des émissions d'HFC.

2.3.2.5. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (émissions de GES en 2021 : 11 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 1,1 Mt (11 %) de 2005 à 2021. La variation observée est surtout attribuable aux émissions de l'utilisation de cires, de paraffines et de produits non finis comme matières premières, qui ont crû de 0,9 Mt (26 %) au cours de la période.

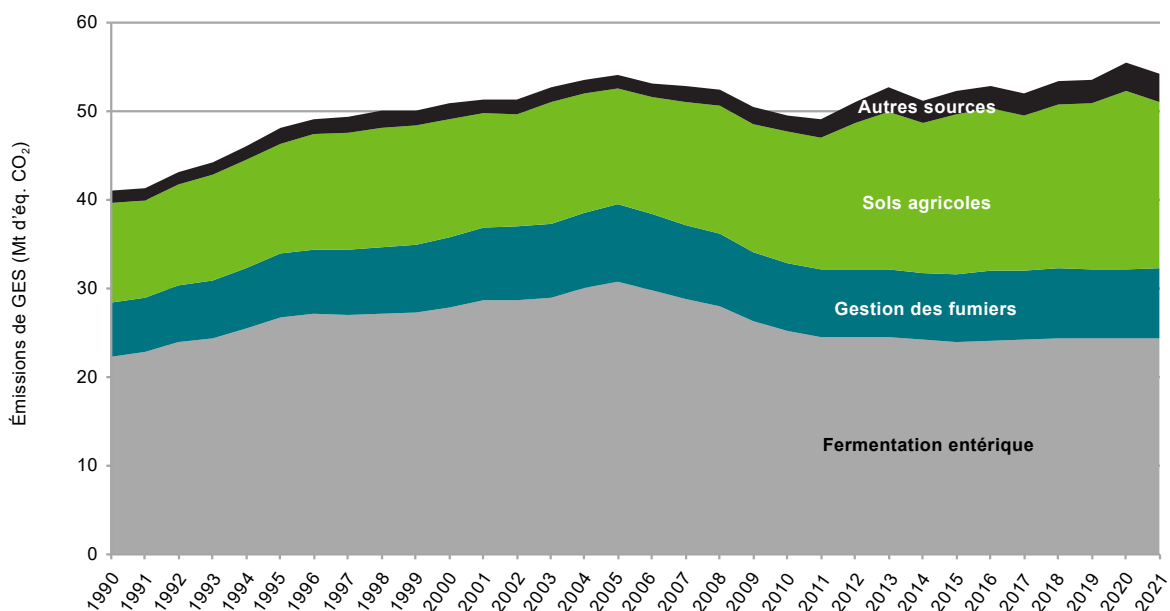
2.3.3. Secteur de l'Agriculture (émissions de GES en 2021 : 54 Mt)

En 2021, les émissions du secteur de l'Agriculture représentaient 54 Mt, ou 8,1 % des émissions totales de GES du Canada, ce qui équivaut aux niveaux de 2005, mais correspond à une hausse de 13 Mt ou 32 % depuis 1990 (Figure 2-18 et Tableau 2-9). En 2021, ce secteur a produit 31 % des émissions nationales de CH₄ et 75 % des émissions nationales de N₂O, en hausse par rapport à 30 % et à 43 % en 1990, respectivement.

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 CH₄ de la fermentation entérique et les émissions de CH₄ et de N₂O du stockage et de l'épandage de fumier. Le secteur des productions végétales comprend

Figure 2-18 Tendances des émissions canadiennes de GES provenant de sources de l'Agriculture (1990-2021)



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.

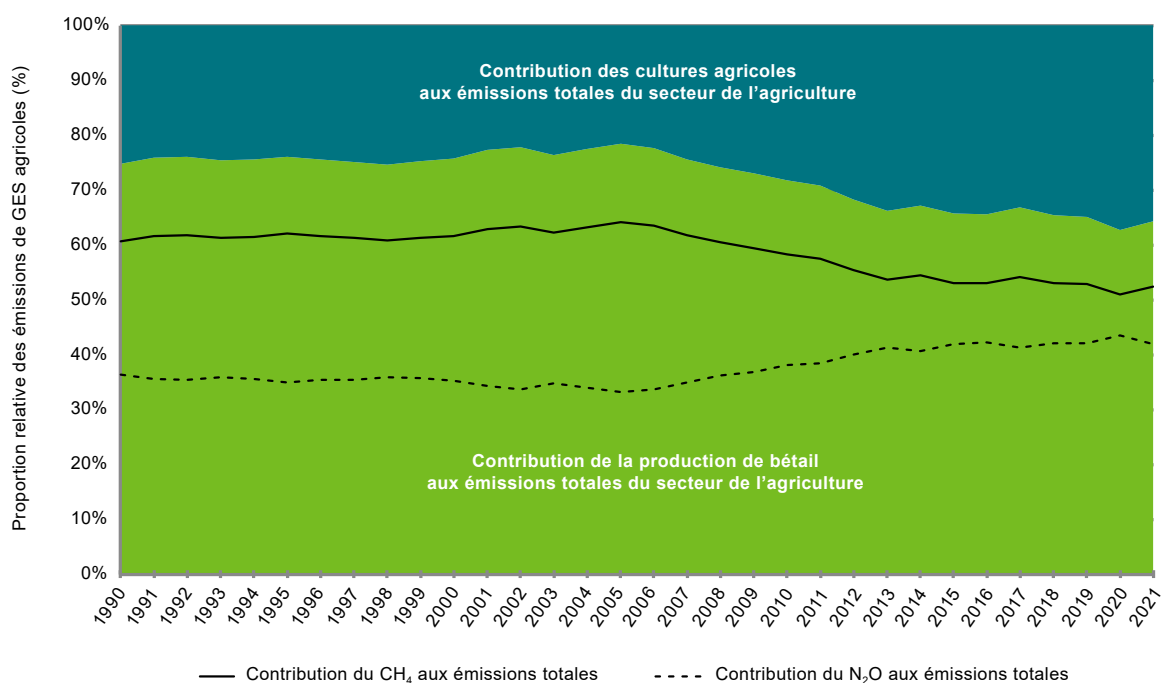
Les principaux facteurs à l'origine de la tendance des émissions dans le secteur de l'Agriculture sont les fluctuations dans les cheptels et une hausse constante dans l'épandage d'engrais azotés inorganiques, surtout dans les provinces des Prairies. En 2021, les populations de bovins, de porcs et de volaille au Canada ont crû de 8 %, de 38 % et de 48 %, respectivement, par rapport à 1990. Depuis 2005, les cheptels de bovins au pâturage ont diminué par rapport à la production de cultures annuelles, et cette diminution, accompagnée d'une augmentation continue dans l'utilisation d'engrais, entraîne un changement important dans le profil des émissions, de même qu'une diminution des émissions issues des animaux d'élevage, qui représentent 64 % du total des émissions agricoles en 2021, ce qui est sensiblement inférieur à la proportion de 2005 (78 %) (Figure 2-19). En raison de ce changement, les émissions agricoles totales s'approchent d'une proportion équivalente de N_2O (provenant principalement de la production de cultures) et de CH_4 (provenant de la production d'animaux d'élevage), ce qui est inédit. Le passage de la production de bovins au pâturage à la production de cultures annuelles 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).

Tableau 2-9 Émissions de GES de l'Agriculture, certaines années

Catégorie de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO_2)								Variation (%)	
	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990-2021	2005-2021
Agriculture	41	54	53	52	53	54	55	54	32 %	0 %
Fermentation entérique	22	31	24	24	24	24	24	24	9 %	-21 %
Gestion des fumiers	6,1	8,7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	29 %	-10 %
Sols agricoles	11	13	18	17	19	19	20	19	66 %	43 %
Incinération des résidus agricoles dans les champs	0,22	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	-84 %	-18 %
Chaulage, application d'urée et autres engrais carbonés	1,2	1,4	2,5	2,4	2,6	2,7	3,0	3,1	162 %	119 %

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

Figure 2-19 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 productions végétales (1990-2021)



2.3.3.1. Fermentation entérique (émissions de GES en 2021 : 24 Mt)

Les émissions issues de la fermentation entérique proviennent presque entièrement (96 %) de l'élevage de bétail au Canada. Entre 1990 et 2021, elles sont passées de 22 Mt à 24 Mt, une hausse de 9 %. 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. Les cheptels bovins ont atteint un sommet en 2005, puis ont diminué de 26 % 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, les populations de bovins de boucherie et les émissions associées se sont stabilisées.

Parallèlement, les émissions associées aux vaches laitières ont chuté d'environ 10 % depuis 1990, principalement en raison d'une réduction de 30 % du cheptel laitier de 1990 à 2021 (Statistique Canada, s.d. [g]). 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 58 % plus de lait qu'en 1990 et, par conséquent, elle émet aujourd'hui davantage de GES. La réduction des émissions associées au déclin de la population 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 2021 : 7,8 Mt)

Les émissions provenant des systèmes de gestion des fumiers sont passées de 6,1 Mt en 1990 à 7,8 Mt en 2021 (ou 29 %), une hausse attribuable à l'accroissement des cheptels bovin, porcin et avicole. Le stockage des fumiers engendre aussi bien du CH₄ (14 % du CH₄ total d'origine agricole) que du N₂O (17 % du N₂O total d'origine agricole). La gestion du fumier bovin et avicole génère surtout du N₂O, alors que le fumier porcin produit principalement du CH₄. En raison de changements dans les pratiques de stockage du fumier, les émissions provenant du fumier de bovins laitiers, qui étaient principalement composées de N₂O, sont désormais principalement composées de CH₄. C'est pourquoi les émissions de CH₄ correspondent étroitement aux changements dans les populations et les pratiques dans les secteurs laitier et porcin, passant de 2,5 Mt en 1990 à 3,9 Mt (59 %) en 2021. De leur côté, les émissions de N₂O suivent étroitement l'évolution des cheptels 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 (24 %) en 2021. 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 N₂O provenant du fumier.

2.3.3.3. Sols agricoles (émissions de GES en 2021 : 19 Mt)

Les émissions des Sols agricoles résultent de l'épandage d'engrais azotés inorganiques et organiques aux 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 11 Mt en 1990 à 19 Mt en 2021, une hausse de 66 % 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 5,5 Mt en 1990 à 13 Mt en 2021, une hausse de 133 %, la consommation d'engrais azotés inorganiques ayant augmenté de manière constante de 1,2 Mt à 3,0 Mt d'azote durant la même période. L'accroissement des ventes d'engrais azotés s'est principalement produit à deux périodes : 1991–1997 et 2007–2021. La hausse observée est attribuable pendant la première période à l'intensification des systèmes culturaux et à la réduction des jachères dans les Prairies canadiennes, et pendant 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, 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 2,1 Mt (266 %) les émissions de CO₂ provenant de l'urée et du nitrate d'ammonium et d'urée.

Les émissions provenant de la décomposition des résidus de culture ont varié entre un plancher de 2,2 Mt en 2002 (une année de sécheresse) et un plafond de 4,5 Mt en 2020, 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 réduit pour atteindre 3,4 Mt en 2021, en raison de fortes conditions de sécheresse dans les Prairies qui ont causé une grande baisse de la production culturale. 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 0,15 Mt aux émissions nettes totales des sols. En 2021, l'adoption des pratiques de conservation des sols (environ 17 millions d'hectares de terres cultivées depuis 1990) a réduit les émissions de 2,4 Mt, tandis que l'intensification de l'irrigation les a augmentées de 1,2 Mt, pour une réduction nette de 1,2 Mt.

2.3.4. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (absorptions nettes de GES en 2021 : 17 Mt, non comprises dans les totaux nationaux)

Le secteur 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. 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 comme étant la somme des émissions de CO₂ et de gaz autres que le CO₂ vers l'atmosphère et des absorptions de CO₂ de l'atmosphère.

En 2021, le secteur ATCATF, selon les estimations, aurait absorbé 17 Mt de CO₂ provenant de l'atmosphère, en comparaison avec les absorptions nettes de 65 Mt en 1990 et de 5,5 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 baisse de 11 % en 1990, de 0,8 % en 2005 et de 2,6 % en 2021 (Figure 2-6).

Les flux nets déclarés dans le secteur ATCATF étaient négatifs (absorptions) pour toutes les années de la série chronologique, sauf en 2015, où ils représentaient une petite source nette, avec une tendance générale à la baisse entre 1990 et 2005 dépendant principalement de la diminution des absorptions nettes de CO₂ des Terres forestières de 1990 à 2007 (Tableau 2-10); elle a été partiellement atténuée par une augmentation des absorptions nettes de CO₂ dans les Terres cultivées et une diminution des émissions attribuables à la conversion de forêts à d'autres affectations des terres au cours des deux premières décennies de la série chronologique. Par rapport au puits important observé dans le secteur des terres tout au long des années 1990, la tendance récente du Canada à produire des absorptions nettes plus faibles de l'atmosphère à partir du secteur des terres est due à la diminution du puits des Terres forestières en raison de la récolte forestière soutenue et de l'augmentation de la mortalité des insectes, ainsi qu'à des diminutions de la couverture pérenne dans les Terres cultivées et aux récentes augmentations des taux de déforestation dans certaines régions. Les flux nets du secteur ATCATF ont fluctué dans les dernières années, entre des sommets d'absorption de 49 Mt en 2009 et de 39 Mt en 2014 et une petite source nette d'émissions de 24 kt en 2015 (Figure 2-20).

Tableau 2-10 Émissions et absorptions de GES du secteur ATCATF, certaines années

Catégories sectorielles		Flux net de GES (Mt d'éq. CO ₂) ^a								Variation 1990-2021	Variation 2005-2021
		1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie TOTAL		-65	-5,5	-11	-16	-11	-19	-13	-17	47	-12
a.	Terres forestières	-200	-140	-140	-140	-130	-140	-130	-130	71	3,6
b.	Terres cultivées	1,0	-22	-17	-23	-22	-18	-16	-18	-19	4,3
c.	Prairies	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
d.	Terres humides	5,4	3,1	3,1	3,1	2,8	3,1	3,5	3,3	-2,1	0,2
e.	Établissements	1,9	1,5	2,3	2,2	2,1	1,9	2,1	2,0	0,2	0,5
g.	Produits ligneux récoltés	130	150	140	140	140	130	130	130	-3,2	-20

Notes :

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

a. Les signes négatifs indiquent une élimination nette de CO₂ de l'atmosphère.

2.3.4.1. Terres forestières et Produits ligneux récoltés (absorptions de GES en 2021 : 9,1 Mt)

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 émissions provenant des produits ligneux récoltés (PLR) issus d'activités de récolte intérieures. Le flux net total, attribuable aux forêts aménagées et aux PLR qui en résultent, était estimé à 9,1 Mt d'absorptions en 2021 (Figure 2-20), qui représentent la différence entre les absorptions nettes de 130 Mt des Terres forestières et les émissions nettes de 123 Mt des PLR provenant de la récolte forestière.

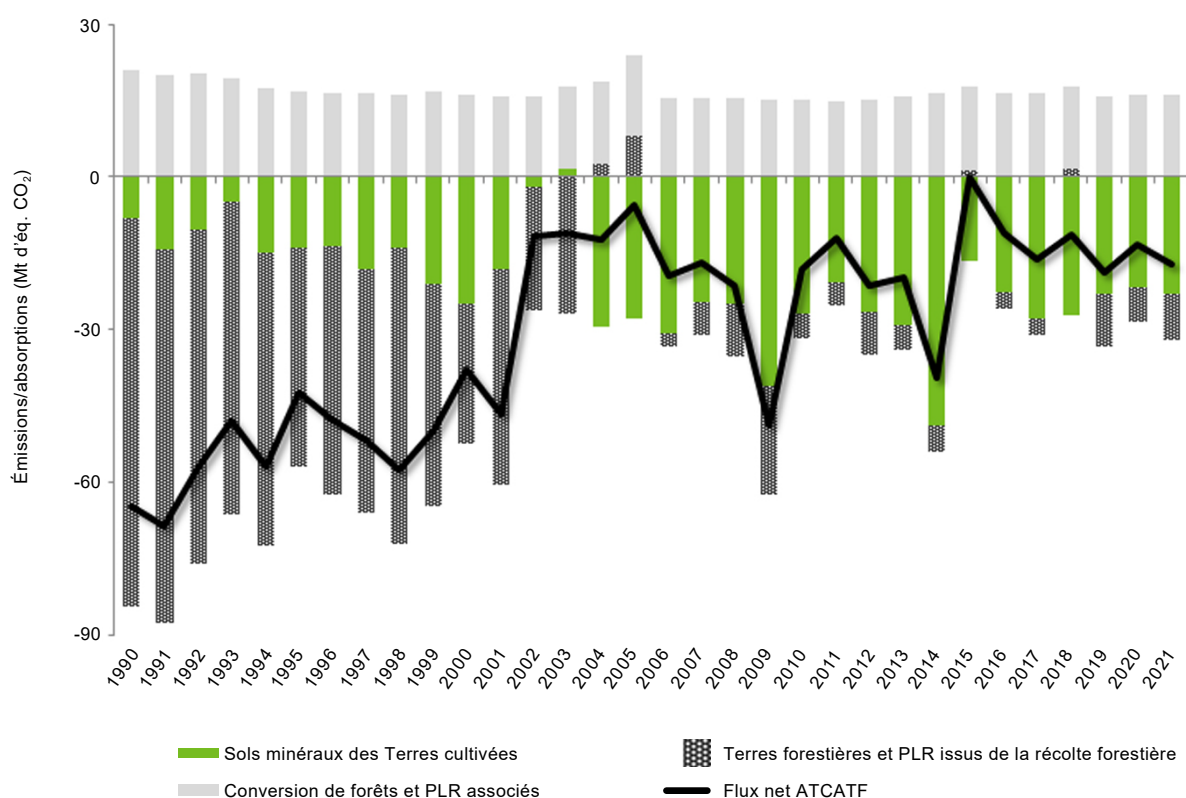
Les absorptions nettes déclarées pour les Terres forestières — après avoir séparé les flux de GES associés à plusieurs perturbations naturelles graves des flux de GES d'origine anthropique — ont diminué, passant de 200 Mt en 1990 à 130 Mt en 2007. La tendance anthropique prédominante directement associée 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 représentait une augmentation de la superficie de récolte annuelle, qui est passée de 0,8 million d'hectares en 1990 à 1,3 million d'hectares en 2004. De cette superficie, 9,5 %, 8,6 % et 5,7 % ont fait l'objet de coupe à blanc avec brûlage des résidus, et 72, 88 et 63 milliers d'hectares ont été visés par une éclaircie commerciale en 1990, 2005 et 2021, respectivement. Le reste de la récolte annuelle consistait en des coupes à blanc avec résidus laissés sur place, où ils se décomposent.

Depuis 2005, les absorptions nettes ont fluctué entre 140 et 130 Mt. Les niveaux de récolte sont demeurés relativement constants ces dernières années, ceux de 2021 étant toujours 32 % 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). Elle découle aussi de l'effet indirect des feux de forêt exceptionnellement nombreux survenus durant plusieurs années de la dernière décennie, principalement dans l'Ouest canadien, qui ont réduit la superficie de forêt mature sur le plan commercial et, par conséquent, les absorptions de carbone.

La diminution des absorptions des forêts à l'échelle nationale est surtout due aux tendances observées dans la Cordillère montagnarde et les Plaines boréales. 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 ramené de vastes superficies de forêts auparavant productives aux catégories d'arbres plus jeunes, un stade où les arbres absorbent et emmagasinent moins de carbone dans la biomasse. 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 CO₂ découlant de la décomposition. Dans les Plaines boréales, les récoltes à rythme soutenu, les infestations d'insectes et les incendies ont, ensemble, ramené de vastes superficies de forêts auparavant productives aux catégories d'arbres plus jeunes. La combinaison d'une réduction des taux nets de stockage du CO₂ dans la biomasse et d'une augmentation des émissions de CO₂ issues de la décomposition a

Figure 2-20 **Flux net et principales causes des émissions et des absorptions de GES dans le secteur ATCATF, 1990-2021**



entraîné une diminution nette des absorptions par les forêts de ces régions — principalement entre 1997 et 2007 — qui était suffisamment importante pour influencer 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.

De plus, les infestations d'insectes qui ont récemment touché de vastes zones dans le Bouclier boréal est et le Maritime de l'Atlantique depuis 2010 ont commencé à influencer les émissions et les absorptions nettes dans ces régions, ce qui continuera probablement au cours des prochaines décennies. Bien que les émissions et les absorptions associées à ces perturbations naturelles graves soient différenciées des flux anthropiques, les perturbations influent néanmoins sur les flux de GES déclarés.

Les émissions des PLR témoignent du stockage à long terme du carbone dans le bois récolté des forêts canadiennes. Environ un tiers des émissions des PLR (34 % en 2021) résultent des produits ligneux à longue durée de vie qui atteignent la fin de leur vie utile plusieurs décennies après la récolte du bois. En 2021, 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 28 % et 35 %, des émissions provenant des PLR. Ces mêmes produits avaient une contribution de 30 % et de 40 % en 1990 et de 35 % et 40 % en 2005. Il importe cependant de noter que les déchets de traitement du bois étaient plus nombreux en 1990, où ils étaient responsables de 15 % des émissions provenant des PLR, avant l'adoption plus récente de la pratique courante consistant à employer les déchets de bois dans la production de bioénergie. En général, les émissions des produits ligneux de courte durée de vie ont suivi plus étroitement les tendances récentes des taux de récoltes dans les forêts. Il en résulte que les émissions du sous-secteur des PLR provenant des forêts ont fluctué entre 120 Mt en 2009 (l'année d'exploitation la plus faible) et 2021, et un plafond de 150 Mt en 1995.

2.3.4.2. Conversion de forêts (émissions de GES en 2021 : 16 Mt)

La conversion de forêts⁹ 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 émissions des PLR issues des activités de conversion des forêts depuis 1990. Les émissions imputables à la conversion de forêts sont passées de 21 Mt en 1990 à 16 Mt en 2021.

La conversion de forêts à d'autres affectations est encore pratique courante au Canada. Elle dépend de diverses conditions à l'échelle nationale, notamment des cadres d'orientation et de réglementation, des forces du marché et de la richesse en ressources naturelles. Depuis 1990, 1,7 million d'hectares de forêts ont été convertis à d'autres affectations des terres au Canada. Du point de vue géographique, les taux annuels moyens de conversion de forêts sont les plus hauts dans les Plaines boréales (23 kha par an) et dans le Bouclier boréal est (8 kha par an), ce qui représente 45 % et 15 %, respectivement, de la perte totale de forêts au Canada.

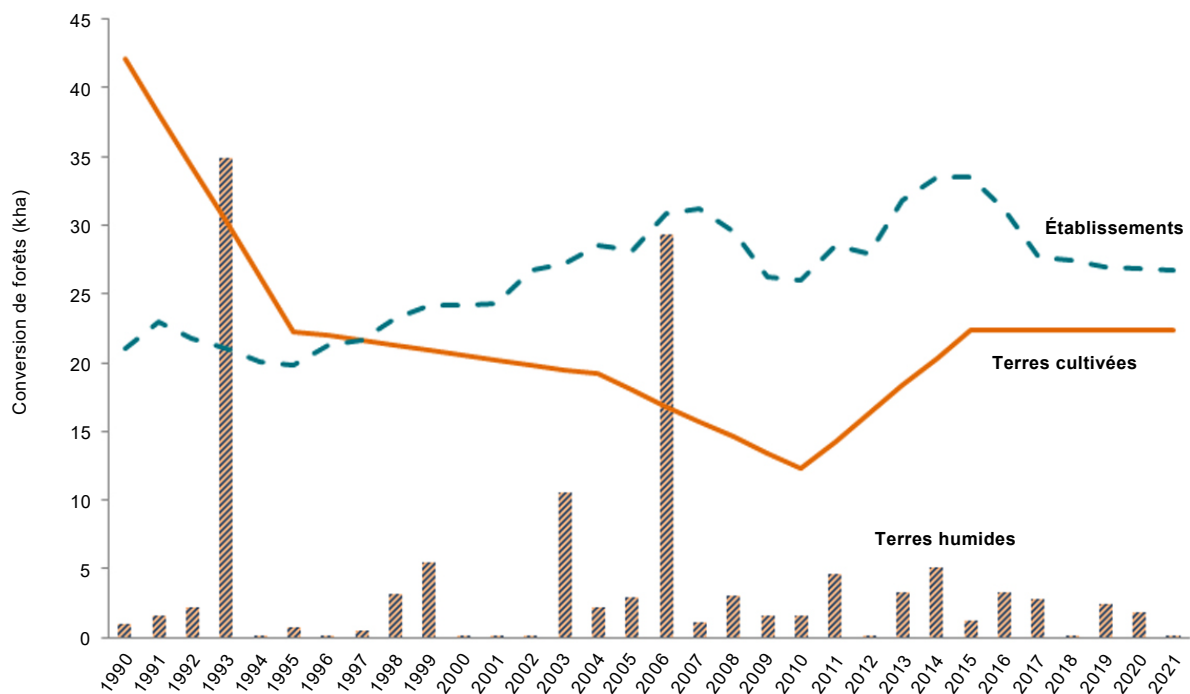
Avec un taux annuel de conversion atteignant actuellement 27 kha, les Terres forestières converties en établissements sont le principal responsable des pertes de superficies forestières, incluant 54 % en 2021, contre 33 % en 1990 et légèrement moins que 57 % en 2005 (Figure 2–21). Cette augmentation est surtout due à une tendance à la hausse de la conversion de terres forestières en terres accueillant des infrastructures pétrolières et gazières durant la période 1990–2006, et accueillant l'industrie et des activités minières dans les années 2004–2015. 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 (4,1 kha par année).

Le déboisement au profit de l'expansion agricole (Terres cultivées) est le deuxième facteur en importance de la conversion de forêts (45 % de toutes les pertes de superficies forestières en 2021). Les taux annuels de conversion ont diminué, passant de 42 kha en 1990 à 12 kha en 2010, principalement dans les Plaines boréales, les Prairies subhumides et la Cordillère montagnarde de l'Ouest canadien, après une période active d'expansion agricole durant les décennies précédentes. Après 2010, les taux annuels ont augmenté pour atteindre environ 22 kha, comme les niveaux observés dans le milieu des années 1990, en raison d'une expansion agricole plus récente survenue principalement dans les Plaines boréales, les Prairies subhumides et les Plaines à forêts mixtes (Figure 2–21).

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 2–21). La superficie cumulative de forêt convertie pour la création de réservoirs hydroélectriques depuis 1990 et des infrastructures qui s'y rattachent équivaut à 202 kha, soit 12 % du total de la superficie forestière convertie durant la période de déclaration. L'aménagement hydroélectrique touche surtout le Bouclier de la taïga est et le Bouclier boréal est.

⁹ 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 16 Mt déclarée dans cette section est incluse dans les sommes associées aux totaux des autres catégories d'affectation des terres.

Figure 2-21 **Tendances dans les taux annuels de conversion de forêts en terres cultivées, en terres humides et en établissements**



2.3.4.3. Terres cultivées (absorptions de GES en 2021 : 18 Mt)

La catégorie des Terres cultivées comprend les effets des pratiques agricoles sur les émissions et les absorptions de CO₂ 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 1,0 Mt en 1990 et des absorptions nettes de 22 Mt et de 18 Mt en 2005 et 2021, respectivement. Dans cette catégorie des terres, des absorptions nettes ont été observées pendant la période de déclaration, sauf au début des années 2000, où les Prairies ont connu des années de sécheresse qui ont eu pour résultat d'augmenter les émissions jusqu'à un sommet en 2002 (4,0 Mt) et 2003 (7,8 Mt). La variabilité interannuelle est observée tout au long de la série chronologique, illustrant les effets liés aux conditions météorologiques sur la production agricole.

Les absorptions nettes ont augmenté, en moyenne, 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 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 des pratiques de conservation du sol, ont orienté l'augmentation des absorptions des Terres cultivées durant la période 1990–2006. 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 des cheptels 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 diminution du couvert végétal permanent a en grande partie contrebalancé les absorptions dues à l'augmentation des rendements et, par conséquent, aucune tendance nette n'a pu être dégagée. Les récentes tendances varient en fonction de la production agricole périodiquement élevée et des absorptions maximales subséquentes observées en 2009 (-36 Mt) et en 2014 (-43 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).

2.3.4.4. Autres sources/puits du secteur ATCATF (émissions de GES en 2021 : 5,4 Mt)

Les autres sources/puits du secteur ATCATF comprennent les Terres humides, les Établissements et les Prairies, qui ont contribué à hauteur de 3,3 Mt, de 2,0 Mt et de 0,001 Mt, respectivement, à leurs émissions nettes combinées de 5,4 Mt déclarées en 2021, en baisse comparativement aux 7,3 Mt de 1990. La catégorie des Établissements englobe la croissance des arbres urbains (absorptions annuelles de 4,4 Mt en moyenne tout au long de la période de déclaration) et les Terres converties en établissements (émissions annuelles variant de 5,4 Mt en 1998 à 6,8 Mt en 2015). La catégorie des Terres humides comprend les émissions imputables aux tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe et à l'inondation de terres (réservoirs hydroélectriques). Les tendances dans cette catégorie sont principalement alimentées par la création, avant 1990, de grands réservoirs qui ont engendré une hausse des émissions durant la période 1990–1993. 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.

2.3.5. Secteur des Déchets (émissions de GES en 2021 : 21 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 21 Mt (3,1 %) aux émissions totales du Canada en 2021, ce qui est comparable au niveau des émissions de 19 Mt en 1990 (3,2 % des émissions totales), et de 22 Mt (2,9 %) en 2005 (Figure 2–22 et Tableau 2–11). En 2021, 18 Mt (ou 85 % des émissions totales du secteur des Déchets) étaient attribuables à l'enfouissement (y compris l'élimination des déchets solides municipaux et des résidus ligneux industriels), alors que le Traitement biologique des déchets solides (compostage et digestion anaérobie), le Traitement et rejet des eaux usées ainsi que l'Incinération et combustion à l'air libre des déchets (excluant les émissions de CO₂ issues de l'incinération de biomasse) contribuaient respectivement pour 0,36 Mt, 2,6 Mt et 0,15 Mt.

Figure 2–22 Tendances dans les émissions canadiennes de GES du secteur des Déchets (1990–2021)

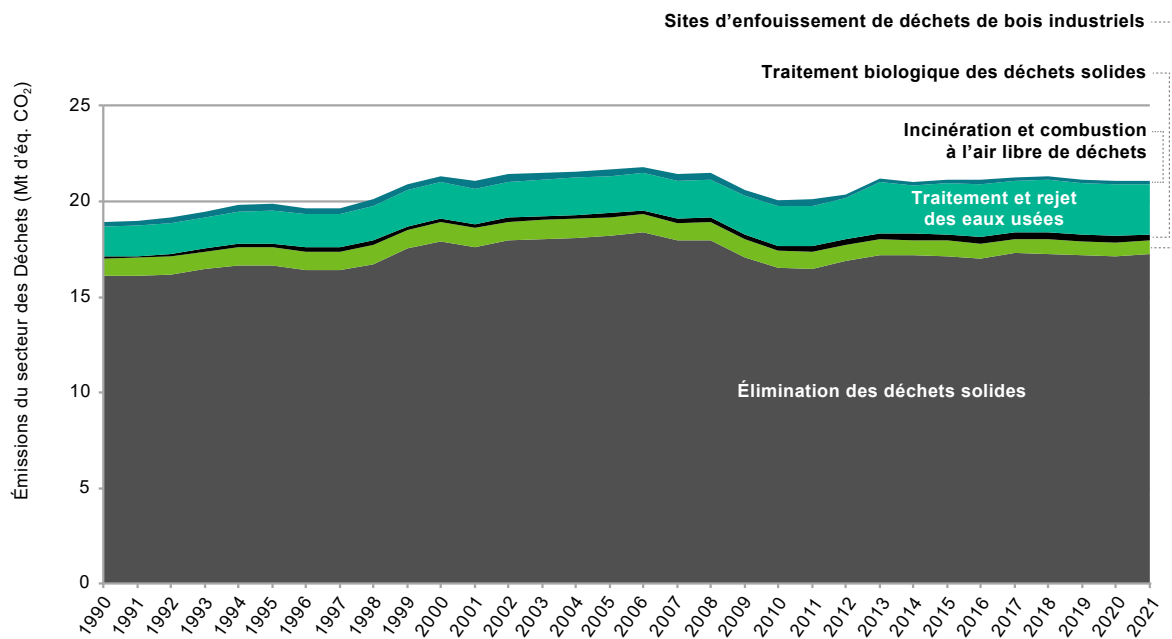


Tableau 2–11 Émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années

Catégorie de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)								Variation (%)	
	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990–2021	2005–2021
Secteur des déchets	19	22	21	21	21	21	21	21	11 %	-3 %
Élimination des déchets solides	16	18	17	17	17	17	17	17	7 %	-5 %
Traitement biologique des déchets solides	0,07	0,24	0,32	0,33	0,36	0,36	0,36	0,36	388 %	47 %
Traitement et rejet des eaux usées	1,6	1,9	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6	67 %	37 %
Incinération et combustion à l'air libre des déchets	0,26	0,35	0,20	0,19	0,18	0,18	0,16	0,15	-43 %	-56 %
Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	0,89	0,97	0,78	0,76	0,75	0,73	0,71	0,70	-22 %	-28 %

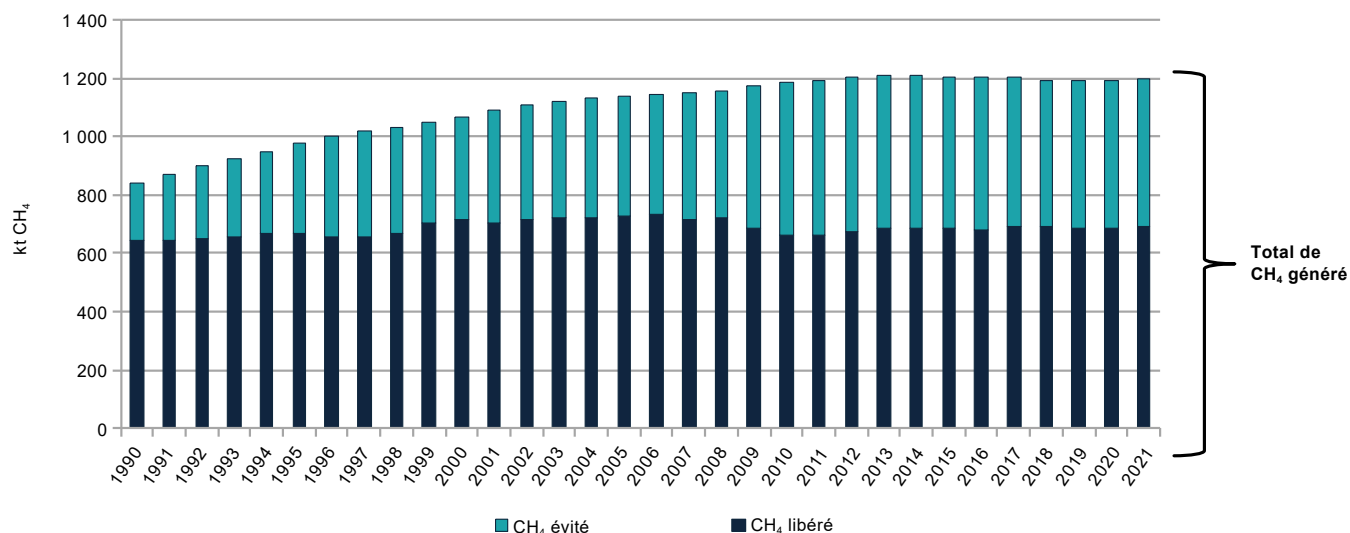
Note : Les sommes pourraient ne pas correspondre aux totaux indiqués en raison de l'arrondissement.

2.3.5.1. Élimination des déchets solides et Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (émissions de GES en 2021 : 18 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 CO₂ et de CH₄, bien que seuls les rejets de CH₄ soient déclarés. Le taux de production de CH₄ 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 CH₄ rejetée par les sites d'enfouissement dépend davantage de la présence de couvertures oxydantes dans ces sites et du recours accru aux technologies de captage des GE.

En 2021, les émissions des sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (DSM) étaient de 17 Mt, tandis que celles des sites d'enfouissement de résidus ligneux étaient de 0,7 Mt. Les émissions des sites d'enfouissement de DSM ont augmenté de 7 % de 1990 à 2021 et ont diminué de 5 % de 2005 à 2021. Les émissions des sites d'enfouissement de déchets de bois ont diminué de 22 % de 1990 à 2021 et de 28 % de 2005 à 2021. La quantité de CH₄ produite par les sites d'enfouissement de DSM a augmenté de façon régulière depuis 1990, principalement par suite de la population grandissante qui produit plus de déchets; cette augmentation a été contrebalancée par une augmentation du captage des GE dans les sites d'enfouissement. En 2021, 42 % des GE produits dans les sites d'enfouissement ont été récupérés au moyen des technologies de captage des GE ou oxydés par du matériau de couverture, comparativement à 23 % en 1990 (Figure 2–23).

Figure 2–23 Méthane produit, évité et rejeté par les sites d'enfouissement de DSM



Note : Le CH₄ évité représente la quantité de CH₄ qui n'est pas rejetée de la décharge parce qu'elle est capturée (et soit torchée ou exploitée), et/ou oxydée lorsqu'elle traverse la couverture de la décharge.

2.3.5.2. Autres sources de déchets (émissions de GES en 2021 : 3,1 Mt)

Au fil de la série chronologique 1990–2021, 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 64 % (Figure 2–21 et Tableau 2–11).

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 directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires, 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 2–12).

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. Il s'agit de l'approche adoptée pour communiquer les projections d'émissions et les progrès réalisés vers l'atteinte de la cible canadienne de réduction des émissions de GES pour 2020, établie dans le rapport *Projections des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques au Canada de 2021*, dans les versions antérieures du rapport *Tendances en matière d'émissions au Canada* ainsi que dans les communications nationales et les rapports biennaux du Canada à la CCNUCC. L'examen du cheminement historique des émissions canadiennes de GES 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. Cette approche correspond également davantage aux catégories sectorielles du Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, ce qui permet au Canada de suivre les progrès attribuables à ses principales politiques et mesures visant à réduire les émissions.

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. Par exemple, 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).

L'Annexe 10 contient une série de tableaux (accessibles à l'adresse open.canada.ca/fr) qui illustrent la répartition des émissions nationales en fonction du secteur économique canadien d'où elles proviennent pour chaque année de la série chronologique (1990–2021), et la relation entre les catégories ou secteurs économiques et les catégories ou secteurs du GIEC. Chaque secteur économique canadien comprend toutes les émissions résultant de procédés liés à l'énergie et non liés à l'énergie applicables. En particulier, le secteur Pétrole et gaz englobe toutes les émissions produites 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, et la production et la transformation des biens industriels, comme le papier ou le ciment; le secteur des Bâtiments englobe les émissions produites directement par les bâtiments résidentiels et commerciaux; 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; enfin, 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 CO₂ liées aux productions végétales et à l'élevage. Des tableaux similaires pour les provinces et territoires sont fournis à l'Annexe 12 (accessibles à l'adresse open.canada.ca).

2.4.1. Tendances des émissions par secteur économique canadien

Les tendances des émissions 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 et Bâtiments (21 Mt ou 12 %, et 2,3 Mt ou 2,7 %, respectivement), compensée par une diminution dans d'autres secteurs, notamment Électricité (-66 Mt ou -56 %), Industrie lourde (-12 Mt ou -14 %); et Déchets et autres (-5,1 Mt ou 9,8 %).

Pétrole et gaz

En 2021, le secteur du Pétrole et gaz a été responsable de la plus grande part des émissions de GES au Canada (28 %) (Figure 2–24). Entre 1990 et 2021, les émissions attribuables à ce secteur ont augmenté de 89 Mt. Bien que les fluctuations dues aux conditions économiques (p. ex., prix du pétrole brut et du gaz naturel) ont entraîné des augmentations et des diminutions à court terme des émissions entre 1990 et 2021, les émissions de ce secteur ont généralement augmenté de

façon constante de 100 Mt en 1990 à 203 Mt en 2015. De 2015 à 2019, les émissions ont été relativement stables, présentant une petite variabilité entre les années en raison des conditions économiques et des feux de forêt de 2016 qui ont influé sur la production de sables bitumineux autour de Fort McMurray, en Alberta. Elles ont ensuite connu une diminution importante de 18 Mt (9 %) de 2019 à 2020. La plus grande partie de l'augmentation observée entre 1990 et 2021 est attribuable à une hausse considérable de l'exploitation des sables bitumineux au Canada. Depuis 1990, la production des sables bitumineux a augmenté d'environ 775 % et les émissions ont subi une hausse de plus de 70 Mt (460 %) (voir l'encadré intitulé « Tendances dans le secteur pétrolier et gazier »). La diminution des émissions de 2019 à 2020 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 1^{er} janvier 2020, et d'un règlement provincial équivalent en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique, ainsi qu'avec une baisse considérable du prix du pétrole brut dans les premiers jours de la pandémie de COVID-19. En 2021, les émissions ont augmenté de 6 Mt (3 %) tandis que le secteur se remettait des effets du début de la pandémie.

Transports

Le secteur des Transports arrive au deuxième rang des secteurs qui contribuent le plus aux émissions de GES du Canada; il était responsable de 22 % des émissions totales en 2021 (Figure 2-24). Entre 1990 et 2021, les émissions ont augmenté de 32 Mt (27 %). Depuis, les émissions du secteur ont continué d'augmenter graduellement, à l'exception d'une diminution observée de 2019 à 2020, largement attribuable à une diminution du nombre de kilomètres parcourus. En 2021, les émissions du secteur des Transports sont demeurées sous les niveaux de 2005 (-6,7 Mt ou -4,3 % 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 2021, le secteur de l'Électricité (en excluant la cogénération industrielle et commerciale) a contribué dans une proportion de 7,7 % aux émissions totales canadiennes (Figure 2-24). Entre 1990 et 2021, les émissions ont diminué de 43 Mt (45 %). 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 56 % depuis 2005, malgré une hausse de 10 % 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 ont subi certaines variations au cours de la période de déclaration. En 2021, le secteur de l'Industrie lourde a produit 11 % des émissions totales du Canada (Figure 2-24). Ses émissions représentaient 17 % des émissions canadiennes totales en 1990, cette part diminuant à 12 % en 2005. 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, ce qui s'est traduit par une diminution de 12 Mt (14 %) entre 2005 et 2021.

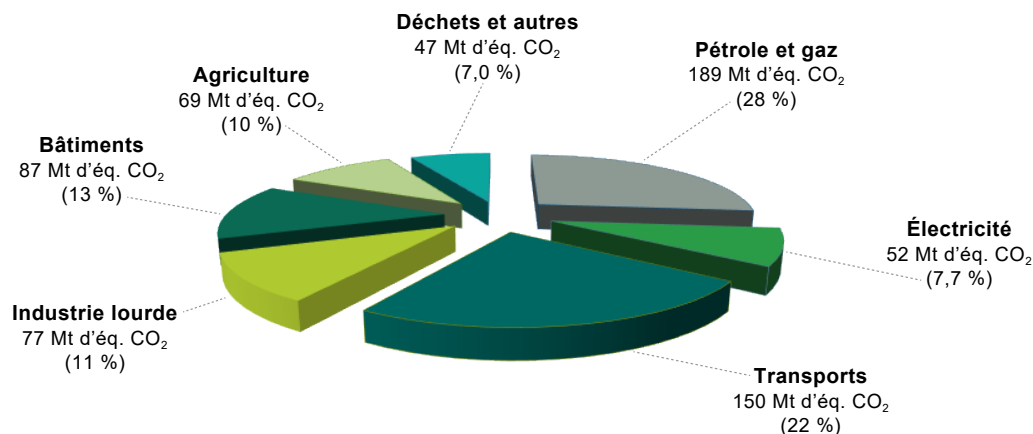
Bâtiments

En 2021, le secteur des Bâtiments a contribué à hauteur de 13 % aux émissions totales au Canada (Figure 2-24). Alors que l'utilisation résidentielle de combustible est demeurée relativement stable depuis 1990, les industries de service ont connu une croissance qui s'est traduite par une hausse des émissions de 15 Mt (21 %) entre 1990 et 2021. Depuis 2005, les émissions ont augmenté de 2,3 Mt ou 2,7 %. Les émissions de GES associées au secteur des Bâtiments avaient augmenté à cause de la croissance démographique et du développement commercial, mais, comme dans tous les secteurs de l'économie, elles ont diminué pendant la période de récession de 2008–2009 et sont depuis demeurées relativement stables.

Agriculture et Déchets et autres

Les émissions dans le secteur de l'Agriculture ont poursuivi lentement leur tendance à la hausse durant toute la période de déclaration, passant de 49 Mt en 1990 à 69 Mt en 2021 (Figure 2-24). Les émissions du secteur des Déchets et autres ont diminué de 7,7 Mt (14 %) depuis 1990. Dans l'ensemble, les émissions des Déchets ont augmenté tout au long de la série chronologique, passant de 19 Mt en 1990 à 21 Mt en 2021. La section 2.3 présente les principaux facteurs influençant les tendances des émissions passées associées aux secteurs de l'Agriculture et des Déchets.

Figure 2-24 **Ventilation des émissions de GES du Canada par secteur économique (2021)**



Total : 670 Mt d'éq. CO₂

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

TENDANCES DANS LE SECTEUR PÉTROLIER ET GAZIER

Les émissions du secteur économique du Pétrole et gaz du Canada comprennent les émissions fugitives, 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 de la quantité de CO₂ capté, pour brosser un profil complet des émissions de l'industrie.

En 2021, les émissions de l'industrie du Pétrole et gaz sont principalement imputables à la catégorie des Sables bitumineux (85 Mt ou 45 %), suivie de la Production et traitement du gaz naturel (50 Mt ou 26 %), de la Production de pétrole classique (26 Mt ou 14 %) et du Raffinage du pétrole (16 Mt ou 8 %). 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 2021, la production de pétrole brut total a fait un bond de 180 %. Cette augmentation est presque entièrement attribuable à l'exploitation des sables bitumineux (exploitation de mines, extraction thermique sur place et valorisation de bitume naturel et pétrole lourd). 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 775 % depuis 1990, ce qui représente 85 % de la croissance totale de la production de pétrole brut. 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 32 % au cours de la même période. Concomitamment à ces hausses de production, les émissions de la Production de pétrole classique affichent une progression de 5 Mt (environ 25 %), et celles des sables bitumineux, de 70 Mt (460 %).

Les émissions de la Production et traitement du gaz naturel ont augmenté de 18 Mt (55 %) depuis 1990, ce qui correspond à une hausse de 48 % des volumes totaux de production. La majorité de cette hausse, qui représente 80 % de la croissance de la production nationale, a été enregistrée dans le nord-est de la Colombie-Britannique.

Intensité des émissions

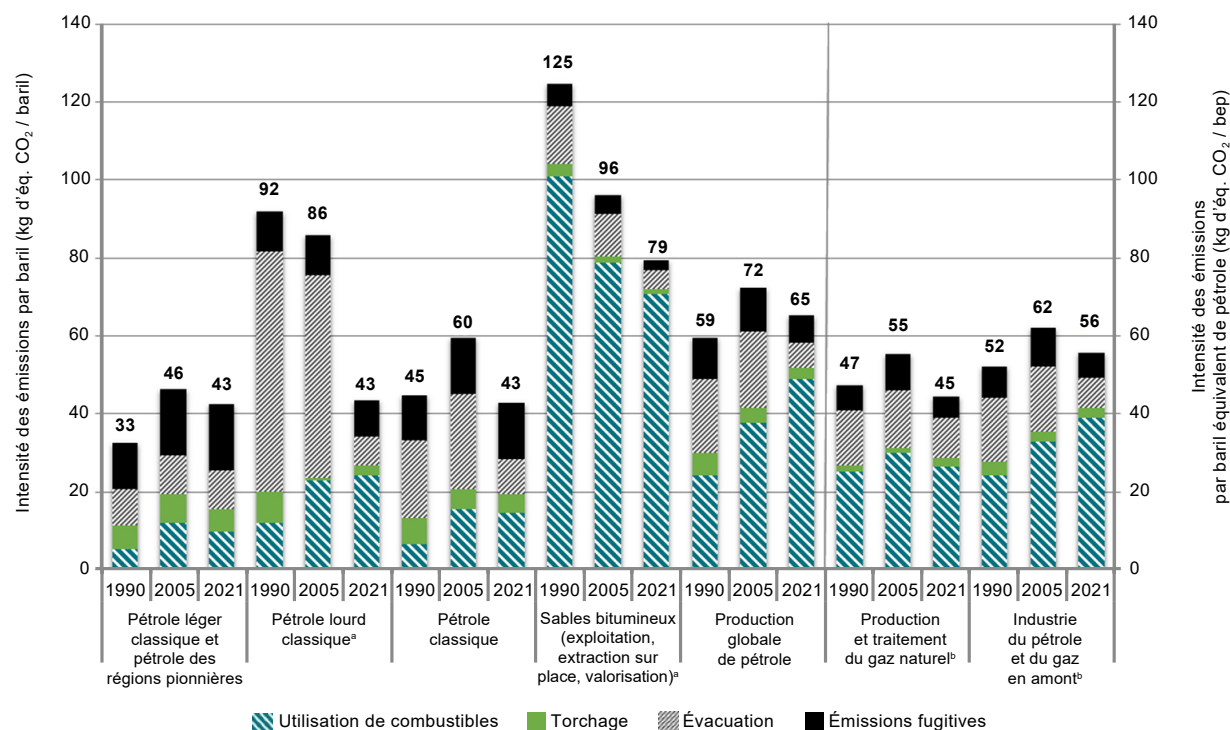
L'intensité des émissions attribuables à la production globale de pétrole au Canada a crû d'environ 10 % entre 1990 et 2021, passant de 59 à 65 kg d'éq. CO₂ par baril (Figure 2-25). Cependant, l'intensité globale des émissions a atteint un sommet en 2010 à environ 80 kg d'éq. CO₂ par baril et a diminué depuis. Les facteurs ayant contribué à cette tendance de l'intensité des émissions 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 à l'aide de vapeur (DGV). 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. Bien que les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles ont augmenté de plus de 100 % par baril de pétrole extrait (de 24 kg d'éq. CO₂ par baril en 1990 à 49 kg d'éq. CO₂ par baril en 2021), 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.

Au contraire, les émissions dues à la ventilation et au torchage et les émissions fugitives par baril de pétrole extrait ont diminué de 66 %, de 54 % et de 32 %, respectivement. Ces réductions sont le résultat de l'augmentation de la production de sables bitumineux, qui produit beaucoup moins d'émissions fugitives par baril que la production de pétrole classique, et d'initiatives telles que la *Directive 60* (AER, 2014) de l'Alberta, 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 1^{er} janvier 2020, ont également eu un effet.

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 en soi a diminué de façon constante de 1990 (125 kg d'éq. CO₂ par baril) jusqu'en 2021 (79 kg d'éq. CO₂ 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 de bitume *in situ* ont aussi 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 160 % et que la production de pétrole brut synthétique a seulement augmenté de 41 %. 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, les émissions de CO₂ produites par l'usine de production d'hydrogène à l'installation de valorisation de Scotford ont été captées et transportées à un site d'entreposage sous-terrain. En 2021, cette installation de valorisation a capté 1,05 Mt de CO₂, d'où une réduction de l'intensité des émissions de l'ensemble de l'exploitation des sables bitumineux d'environ 1,3 %.

Figure 2-25 **Intensité des émissions selon le type de source du Pétrole et gaz (1990, 2005 et 2021)**



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. Pour les calculs d'intensité, 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 retirées des Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation) et 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 m³)

Données de production = Gaz naturel: Statistique Canada (1990-); Pétrole: NB NRED (2022), SK MER (1990-2008, 2009-2011, 2012-), StatCan (n.d.[c], n.d.[d]); Sables bitumineux: AER (2022), Cenovus (2022)

Tableau 2-12 Tendances des émissions de GES par secteur économique canadien

	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Mt d'éq. CO ₂							
TOTAL NATIONAL DES GES	589	732	705	712	725	724	659	670
Pétrole et gaz	100	168	191	194	202	201	183	189
Industrie du pétrole et du gaz en amont	81	145	171	175	183	181	166	172
Production et traitement du gaz naturel	32	65	57	54	56	54	49	50
Production de pétrole classique	21	33	35	35	35	34	26	26
Production de pétrole léger classique	13	17	22	23	24	23	18	18
Production de pétrole lourd classique	8,2	14	11	10	9,5	8,8	6,8	7,0
Production de pétrole des régions pionnières	0,26	1,7	1,5	1,5	1,8	1,8	1,6	1,4
Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation)	15	35	69	76	81	83	81	85
Exploitation minière et extraction	2,2	5,7	11	13	15	16	15	16
Extraction sur place	4,5	12	37	41	43	43	41	45
Valorisation	8,4	17	21	22	24	25	25	25
Transport du pétrole, du gaz naturel et du CO ₂	12	12	9,7	9,6	10	11	9,8	11
Industrie du pétrole et du gaz en aval	20	23	21	19	19	20	17	17
Raffinage du pétrole	18	22	20	18	18	19	16	16
Distribution du gaz naturel	1,6	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2
Électricité	95	118	74	73	63	62	54	52
Transports	118	157	162	165	169	170	143	150
Transport de passagers	80	95	99	100	102	103	83	86
Voitures, camions légers et motocyclettes	71	85	88	89	90	91	75	78
Transport par autobus, par train et aérien	8,4	10	11	12	12	12	7,5	8,4
Transport de marchandises	31	48	49	50	52	52	47	50
Camions lourds, trains	26	43	44	45	47	46	41	43
Transport aérien et transport maritime	4,7	5,4	4,4	4,7	4,8	5,5	5,4	6,1
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	8,1	13	14	15	15	15	14	14
Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions	99	89	78	77	80	79	74	77
Exploitation minière	7,2	8,1	8,7	9,6	11	10	10	11
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	18	15	11	11	9,9	10	10	10
Pâtes et papiers	15	9,0	6,6	7,0	7,9	8,3	7,0	7,6
Sidérurgie	17	16	15	15	16	15	12	14
Ciment	10	13	10	11	11	11	10	11
Chaux et gypse	2,8	3,5	2,5	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2
Produits chimiques et engrais	29	25	24	21	21	22	21	21
Bâtiments	72	85	85	88	92	93	89	87
Industrie des services	28	40	43	45	47	49	48	47
Résidentiel	45	45	42	43	45	44	41	40
Agriculture	49	64	66	67	69	69	70	69
Utilisation de combustibles à la ferme	8,2	9,5	13	14	15	15	14	14
Cultures	10	12	18	17	19	19	21	19
Élevage	31	42	35	35	35	35	35	35
Déchets et autres	55	52	48	49	50	50	46	47
Déchets	19	22	21	21	21	21	21	21
Production de charbon	4,3	2,8	3,0	2,8	3,1	3,4	2,6	2,6
Industrie manufacturière légère, construction et exploitation forestière	31	28	24	25	25	25	22	23

Notes :

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

Veuillez-vous reporter à l'Annexe 10 pour une description plus complète de la relation entre ces secteurs d'activité économique et les secteurs et catégories du GIEC. Cette annexe présente des tableaux détaillés indiquant la correspondance entre les émissions attribuées aux deux ventilations.

Les émissions de GES nationales allouées par secteur économique sont énumérées à l'Annexe 12 du présent rapport.

Les estimations présentées ici sont constamment améliorées. Les émissions historiques pourront faire l'objet de changements dans les publications futures, à mesure que de nouvelles données deviendront disponibles et que des méthodes et des modèles seront mis au point et améliorés.

CHAPITRE 3

ÉNERGIE (SECTEUR 1 DU CUPR)

3.1. Aperçu	72
3.2. Activités de l'utilisation de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)	75
3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B du CUPR)	92
3.4. Transport et stockage du CO ₂ (catégorie 1.C du CUPR)	105
3.5. Autres questions	107

3.1. Aperçu

En 2021, le secteur de l'Énergie a produit 543 Mt d'éq. CO₂ (81 %) des émissions totales de GES du Canada (Tableau 3-1). Le secteur de l'Énergie comprend toutes les activités associées à la production d'énergie et à son utilisation. Les émissions totales de GES de ce secteur comprennent, à quelques exceptions près, tout le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) provenant de l'utilisation de combustibles, des sources fugitives ainsi que des activités de captage, de transport et de stockage du carbone (CTSC)¹.

Les émissions produites par la combustion de sources fixes englobent l'utilisation de combustibles fossiles et de biomasse par l'industrie productrice d'électricité, l'industrie du pétrole et du gaz, les industries manufacturières et de la construction et les secteurs résidentiel et commercial. La tourbe n'est pas utilisée comme combustible au Canada. Les données sur l'utilisation de la tourbe à des fins non énergétiques sont incluses dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) (Chapitre 6.1) et le combustible utilisé pour cultiver et produire de la tourbe est inclus dans la sous-catégorie Agriculture, foresterie et pêches dans le secteur Autres (1.A.4).

Tableau 3-1 Émissions de GES du secteur de l'Énergie												
Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Secteur de l'énergie	472 000	513 000	593 000	600 000	582 000	596 000	577 000	586 000	596 000	596 000	532 000	543 000
Activités de combustion de combustibles (1.A)	423 000	451 000	523 000	530 000	512 000	523 000	511 000	520 000	530 000	532 000	476 000	488 000
Industries énergétiques (1.A.1)	143 000	152 000	203 000	208 000	199 000	202 000	193 000	192 000	190 000	190 000	174 000	177 000
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	74 700	75 600	78 800	69 400	63 100	66 900	64 700	67 600	70 000	70 500	63 700	66 100
Transports (1.A.3)	119 000	133 000	145 000	158 000	161 000	161 000	160 000	163 000	167 000	168 000	141 000	149 000
Autres secteurs (1.A.4)	86 600	90 400	96 200	94 400	88 400	92 300	92 500	97 600	102 000	103 000	96 800	95 400
Autres (non précisé ailleurs) (1.A.5)	262	259	293	286	283	376	387	335	333	342	267	281
Émissions fugitives découlant de combustibles (1.B)	48 000	62 000	70 000	70 000	70 000	73 000	66 000	66 000	66 000	64 000	55 000	55 000
Transport et stockage du CO₂ (1.C)	I	I	0,09	0,09	0,09	0,22	0,27	0,27	0,28	0,28	0,49	0,65
Notes :												
I = Inexistant												
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.												

1 Les émissions dues à l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques ou des combustibles fossiles utilisés comme matière première sont attribuées au secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits.

Seules les émissions de CH₄ et de N₂O provenant de la combustion de biomasse utilisée comme combustible, comme le biodiesel, le bois de chauffage résidentiel et la liqueur résiduaire, sont incluses dans le secteur de l'Énergie, tandis que les émissions de CO₂ figurent pour mémoire dans les tableaux du cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR).

Les émissions de GES résultant de la combustion de carburants dans le cadre de la majorité des activités de transport, comme le Transport aérien intérieur, Transport routier, Transport ferroviaire, Transport maritime intérieur, Transport par pipeline et Autres moyens de transport (hors route), sont incluses dans la catégorie des Transports. Les émissions déclarées des combustibles de soute internationaux pour le transport aérien et maritime figurent également pour mémoire dans les tableaux du CUPR. Les émissions hors route provenant des véhicules et de la machinerie de même que des navires de pêche figurent dans des sous-catégories de sources mobiles distinctes des Industries manufacturières et de la Construction (1.A.2) ou dans les Autres secteurs (1.A.4) conformément aux tableaux des catégories du CUPR. Le transport aérien et maritime militaire est déclaré dans la sous-catégorie Autres (1.A.5). Il convient de noter que les émissions présentées dans le Chapitre 3 sont réparties selon les catégories du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et du CUPR qui sont différentes des catégories d'émissions des tableaux sommaires dans le Chapitre 2 aux annexes 9 et 11 où les émissions liées au transport hors route, à la pêche, au transport aérien militaire et au transport maritime militaire sont incluses dans les transports en général.

Les émissions fugitives attribuables à l'industrie des combustibles fossiles sont les rejets délibérés (p. ex., évacuation) ou accidentels (p. ex., fuites et accidents) de GES qui peuvent résulter des activités de production, de transformation, de transport et d'entreposage des combustibles. La catégorie des Émissions fugitives inclut les émissions provenant des activités de torchage de l'industrie du pétrole et du gaz, étant donné que leur but n'est pas de produire de la chaleur ni de générer du travail mécanique (GIEC, 2006).

Certaines émissions de CO₂ sont captées (p. ex., production d'électricité, production d'hydrogène dans des raffineries et production chimique dans des usines d'engrais), transportées et injectées à des fins de stockage géologique à long terme ou de récupération assistée des hydrocarbures (RAH). En outre, le Canada importe du CO₂ pour la RAH. Les volumes captés figurent dans les tableaux du CUPR selon la catégorie d'énergie à laquelle ils appartiennent. La catégorie 1.C du CUPR comprend les émissions de CO₂ rejetées dans l'atmosphère par l'infrastructure de pipelines/de distribution de CO₂ et par l'équipement d'injection utilisé pour le stockage géologique à long terme. Les estimations des émissions fugitives de la catégorie 1.B du CUPR incluent les émissions découlant de l'utilisation de CO₂ dans le cadre des activités de RAH.

Plusieurs recalculs des émissions de GES dans le secteur de l'Énergie ont été effectués 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, tandis que chaque section du Chapitre 3 présente le type de recalcul, comprenant des explications, des activités découlant des estimations des émissions révisées, tandis que le Chapitre 8 fournit un sommaire des recalculs de tous les secteurs.

Tableau 3-2 Variations des émissions de GES dus aux recalculs											
Catégories du GIEC	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1 Secteur de l'Énergie	Émissions de GES (Mt d'éq. CO₂)										
Rapport d'inventaire de 2022	472	512	594	602	583	600	581	594	606	604	540
Rapport d'inventaire de 2023	472	513	593	600	582	596	577	586	596	596	532
Variation totale suite aux recalculs	-0,6	0,2	-0,4	-1,8	-1,7	-4,3	-4,6	-7,1	-10,0	-8,3	-7,6
1.A – Utilisation de combustibles	0,8	1,8	1,2	0,9	0,1	-3,5	-2,8	-5,2	-7,9	-6,5	-13,3
1.B – Sources fugitives; 1.C – Transport et stockage de CO ₂	-1,4	-1,5	-1,6	-2,7	-1,8	-0,8	-1,9	-2,0	-2,1	-1,9	5,7
Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.											

De manière générale, les recalculs ont entraîné une diminution de 7,6 Mt par rapport à la valeur présentée à la CCNUCC en 2022 pour 2020. De recalculs ont été faits en raison de ce qui 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 la correction ou à la réaffectation de données, ou à l'obtention de nouvelles données, et comprennent les suivantes :

- La révision des données sur la consommation de combustible dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) entraîne habituellement de recalculs de la plupart des sources de combustion. Les données révisées du BDEE de 2020 ont été intégrées (selon la pratique standard) afin de mettre à jour les données préliminaires de 2020² 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 ont visé, notamment:
 - les données sur le gaz naturel, de 1995 à 2020;
 - les données sur le mazout lourd, de 2019 et 2020;
 - les données sur le carburant diesel, de 2010 à 2020;
 - les données sur le gaz de distillation, de 1996 à 2020;
 - les données sur le coke (houille), de 2018 à 2020;
 - les données sur l'essence à moteur, de 2018 à 2020.
- Les révisions des données non comprises dans le BDEE ont visé, notamment, les suivantes :
 - les volumes des gaz torchés soustraits des données sur les sources de combustion fixes pour éviter la double comptabilisation, de 2019 et 2020;
 - les quantités de bois de chauffage résidentiel brûlé, de 2018 et de 2020;
 - les quantités de gaz d'enfouissement brûlés, de 1990 à 2020;
 - les quantités de déchets solides municipaux brûlés, de 2019 et de 2020;
 - les quantités de carburant consommé associées aux mouvements des navires, de 2015 à 2020.

Méthodologie : Les recalculs dus à des améliorations de la méthodologie par révisions et mises à jour et grâce à de nouvelles connaissances et informations, à l'application de méthodes de niveaux supérieurs du GIEC ainsi qu'à l'ajout de méthodes pour les nouvelles sources d'émissions visent celles-ci :

- méthode pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés (se reporter à la section A3.2.2.6 de l'Annexe 3 pour obtenir une description détaillée de la méthode);
- nouvelles méthodes pour estimer les émissions fugitives en aval du compteur de CO₂ et de CH₄ provenant d'appareils au gaz naturel des secteurs résidentiel et commercial, de véhicules alimentés au gaz naturel et de l'utilisation industrielle de gaz naturel maintenant incluses dans l'inventaire (se reporter à la section A3.2.2.7 de l'Annexe 3 pour obtenir une description détaillée de la méthode);
- données sur les activités et paramètres utilisés dans le modèle d'émissions fugitives (MEF) pour estimer les émissions provenant de fuites de pneumatiques, de joints d'étanchéité de compresseurs et d'équipements dans des installations de pétrole et de gaz naturel en Alberta, en Colombie-Britannique, au Manitoba et en Saskatchewan (se reporter à la section A3.2.2.1.3 de l'Annexe 3 pour obtenir une description détaillée de la méthode).
- méthode pour estimer les émissions d'évacuation pour les installations de pétrole et de gaz naturel en Alberta pour l'année 2020. Cette révision corrige partiellement les incohérences méthodologiques introduites en 2020 par suite de modifications apportées aux lignes directrices provinciales pour la déclaration des gaz d'évacuation (se reporter à la section A3.2.2.1.5 de l'Annexe 3 pour des précisions);
- méthode pour estimer les volumes de biodiesel applicables aux transports provenant du BDEE (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions);
- méthode pour attribuer le combustible du BDEE entre les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions);
- méthode pour calculer les émissions estimatives du parc de véhicules routiers (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 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 2021 sont des données préliminaires qui devraient être révisées à la fin de 2023.

- nouveaux taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions);
- transition vers un modèle amélioré pour calculer les émissions des véhicules routiers (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions);
- parc de véhicules et d'équipements hors route (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions);
- nouvelle méthode pour estimer les émissions des volumes d'huile lubrifiante brûlée dans les moteurs hors route à deux temps (se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 et à la section 6.1 de l'Annexe 6 pour des précisions).

Coefficients d'émission : L'application des coefficients d'émission révisés (présentés à la section 6.1 de l'Annexe 6), fondée sur de nouveaux renseignements, s'est traduite par des recalculs des coefficients d'émission suivants :

- le coefficient d'émission de CO₂ pour la combustion de combustible de source fixe de coke de pétrole au Nouveau-Brunswick;
- le coefficient d'émission de CO₂ pour la combustion de combustible de source fixe de charbon anthraciteux;
- les coefficients d'émission de CO₂ et de CH₄ pour la combustion de source fixe de gaz naturel non commercialisable pour les installations de production extracôtière de pétrole à Terre-Neuve et Labrador;
- les coefficients d'émission de CO₂ et de CH₄ pour le torchage de gaz naturel pour les installations de production extracôtière de pétrole à Terre-Neuve-et-Labrador (voir la section A3.2.2.1.2 de l'Annexe 3);
- les coefficients d'émission de CO₂ pour le gaz naturel commercialisable dans les provinces de l'Atlantique et pour toutes les années, de 1999 à 2020.
- les coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O pour la combustion d'essence pour moteur dans les véhicules hors route à moteur à deux temps.
- les coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O pour les véhicules routiers conformes aux standards d'émission fédéraux de Niveau 3.

3.2. Activités de l'utilisation de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)

Les sources d'émissions de la catégorie des Activités de l'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 CO₂ provenant de biocombustibles comme l'utilisation de bois de chauffage résidentiel et de biodiesel. Le CO₂ découlant de la combustion de biomasse figure plutôt dans la section pour mémoire du tableau du CUPR. Parmi les principales catégories figurent les Industries énergétiques, les Industries manufacturières et de la Construction, les Transports et d'Autres secteurs (c.-à-d. les sous-catégories des secteurs résidentiel et commercial). L'Annexe 3.1, Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à l'utilisation de combustibles fossiles, présente les méthodes employées pour calculer les émissions découlant de l'utilisation de combustibles. Elles sont conformes aux méthodes des Niveaux 2 et 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (Lignes directrices du GIEC, 2006), aux coefficients et aux paramètres d'émission propres au pays.

En 2021, l'utilisation de combustibles fossiles et de biomasse a généré environ 488 Mt (73 %) d'émissions de GES au Canada (Tableau 3-1). Les émissions globales de GES attribuables aux Activités de l'utilisation de combustibles ont augmenté de 15,3 % depuis 1990. Entre 1990 et 2021, les émissions des catégories des Industries énergétiques (1.A.1), des Industries manufacturières et de la Construction (1.A.2) et d'autres secteurs (1.A.4) ont augmenté de 11,3 % (34,3 Mt) et les émissions de la catégorie des Transports (1.A.3), de 25,5 % (30,3 Mt) (Figure 3-1).

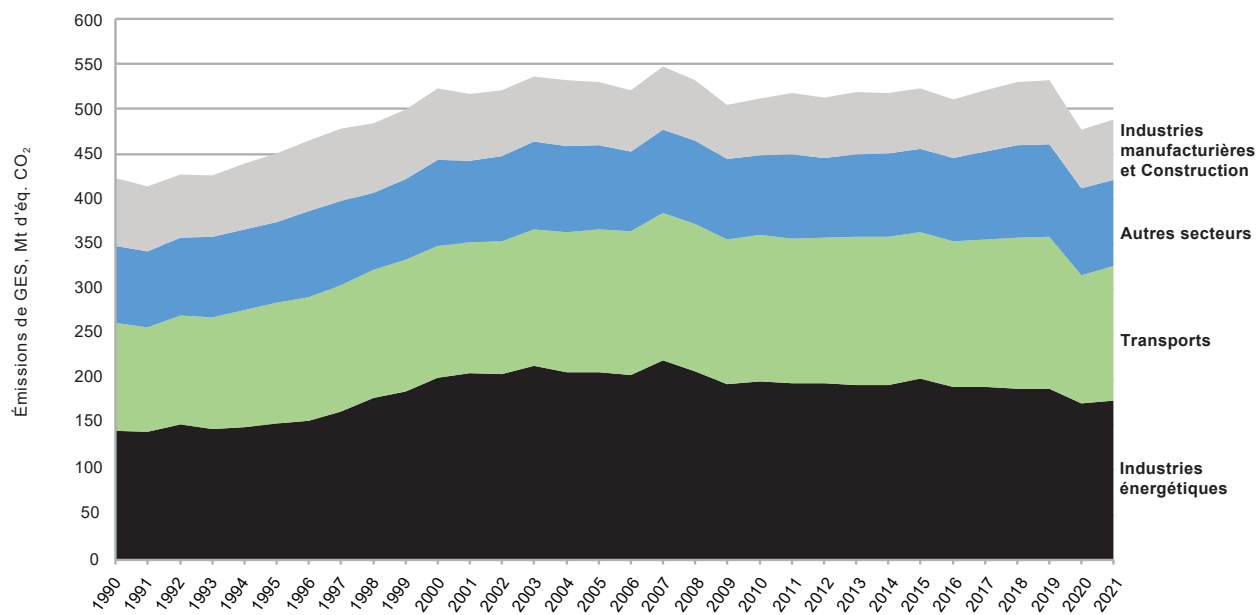
3.2.1. Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence

Une explication exhaustive de l'analyse de la méthode de référence et de la méthode sectorielle qui résume les résultats se trouve à l'Annexe 4 et au Tableau A4-1.

3.2.2. Combustibles de soute internationaux

Les émissions provenant des combustibles utilisés aux fins du transport international maritime et aérien sont déclarées séparément au poste pour mémoire de la catégorie Combustibles de soute internationaux, d'après les lignes directrices 2006 du GIEC et les directives sur la préparation de rapports de la CCNUCC.

Figure 3-1 Émissions de GES attribuables à l'utilisation de combustibles



3.2.2.1. Aviation internationale (catégorie 1.D.1.a du CUPR)

Les émissions (Tableau 3-3) ont été calculées d'après les mêmes méthodes présentées à la section sur le Transport aérien intérieur (section 3.2.6.2). Les données sur la consommation de combustible sont fournies dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, 1990–), qui indique si le combustible est vendu à des transporteurs aériens de l'intérieur ou de l'extérieur du pays. Toutefois, dans le modèle des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation (MEGESA), les déplacements d'aéronefs par vol sont utilisés pour déterminer si l'étape d'un vol est intérieure ou internationale. Cette méthode améliore grandement l'attribution entre les vols intérieurs et internationaux.

Il faut user de prudence lorsqu'on compare les estimations de cette catégorie à celles déclarées par l'Agence internationale de l'énergie (AIE). La méthode employée dans l'inventaire national fait appel à des données détaillées sur les déplacements intérieurs et internationaux, basées sur l'origine et la destination des vols. Les valeurs de consommation de carburant (réparties entre le secteur intérieur et le secteur international) déclarées à l'AIE par le Canada reposent sur l'hypothèse que tout le carburant vendu aux transporteurs canadiens est du carburant intérieur, et que tout le carburant vendu aux transporteurs étrangers est du carburant international. Considérant qu'une bonne partie des déplacements effectués par les transporteurs canadiens sont de nature internationale et que les exigences de déclaration relatives à ces deux rapports distincts (CCNUCC et AIE) ne concordent pas, les valeurs déclarées ne concorderont pas non plus.

Tableau 3-3 Émissions de GES du Transport aérien intérieur et international

Catégories du GIEC	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Transport aérien international	5 800	6 610	9 230	10 100	9 130	11 400	12 000	13 200	15 000	15 200	6 590	6 600
Transport aérien intérieur et militaire	7 510	6 700	7 800	7 720	6 690	7 590	7 520	7 940	8 660	8 590	4 750	5 590
Total	13 300	13 300	17 000	17 800	15 800	19 000	19 500	21 100	23 700	23 800	11 300	12 200

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

3.2.2.2. Transport maritime international (catégorie 1.D.1.b du CUPR)

Les émissions (Tableau 3–4) ont été calculées à l'aide des mêmes méthodes présentées à la section sur le transport maritime intérieur (section 3.2.6.2). Les données sur la consommation de combustible sont rapportées dans le BDEEC (Statistique Canada 1990–) comme combustibles vendus aux navires immatriculés au Canada ou à l'étranger. Cependant, à l'aide de l'outil d'affichage d'inventaire des émissions des navires (OIE), les déplacements de navires déterminent si un déplacement est intérieur ou international, comme défini dans les Lignes directrices du GIEC de 2006. Cette méthode améliore grandement l'affectation entre les déplacements intérieurs et internationaux.

Comme pour la sous-catégorie du Transport aérien, il faut user de prudence lorsqu'on compare la consommation de combustible (en termes d'énergie) dans cette sous-catégorie par rapport au BDEE et à l'Agence internationale de l'énergie (AIE) en raison des différentes approches. La méthode employée dans l'inventaire national fait appel aux déplacements intérieurs et internationaux détaillés en fonction d'un 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.

Tableau 3–4 Émissions de GES du Transport maritime intérieur et international												
Catégories du GIEC	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Transport maritime international	7 210	6 890	7 870	9 390	9 060	7 900	6 990	7 270	7 720	7 230	5 600	5 680
Transport maritime intérieur, militaire et pêches	3 100	3 350	3 630	4 020	3 700	3 100	3 280	3 460	3 470	4 310	3 840	4 400
Total	10 300	10 200	11 500	13 400	12 800	11 000	10 300	10 700	11 200	11 500	9 440	10 100

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

3.2.3. Matières premières et utilisation des combustibles à des fins non énergétiques

Autres que la combustion en vue de la production de chaleur ou de travail, les combustibles fossiles sont également utilisés à des fins non énergétiques, par exemple dans la réduction du minerai de fer ou la fabrication de cires, de solvants et de lubrifiants et comme matières premières (notamment pour la production d'engrais, de caoutchouc, de plastiques et de 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).

3.2.4. Industries énergétiques (catégorie 1.A.1 du CUPR)

3.2.4.1. Description de la catégorie de source

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.

En 2021, cette catégorie a représenté 177 Mt (26,4 %) des émissions totales de GES du Canada, une hausse de 23,8 % des émissions totales de GES depuis 1990. La sous-catégorie de la Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public a représenté 34,1 % (60,4 Mt) des émissions de GES des Industries énergétiques, tandis que les sous-catégories du Raffinage du pétrole, de la Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques y ont contribué dans une proportion de 7,4 % (13,2 Mt) et de 58,5 % (104 Mt) respectivement (Tableau 3–5). Le Chapitre 2 consacré aux tendances des émissions comprend d'autres analyses des tendances des émissions de la catégorie des Industries énergétiques.

La catégorie des Industries énergétiques comprend toutes les émissions de GES de sources de combustion de sources fixes du secteur des services publics de production d'électricité et de la production combinée de chaleur et d'électricité ainsi que de la production, de la transformation et du raffinage des combustibles fossiles.

Même si elles sont en réalité 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 du CUPR]).

Tableau 3-5 Contribution des Industries énergétiques aux émissions de GES

Catégories de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Industries énergétiques TOTAL (1.A.1)	143 000	152 000	203 000	208 000	199 000	202 000	193 000	192 000	190 000	190 000	174 000	177 000
Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	94 500	98 900	132 000	125 000	102 000	87 900	81 600	79 500	71 000	69 600	61 500	60 400
Raffinage du pétrole	17 400	16 300	17 300	20 000	19 000	16 000	16 300	14 500	14 700	15 600	13 200	13 200
Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques ^a	31 200	36 900	53 300	63 200	77 500	97 800	95 000	98 000	105 000	105 000	100 000	104 000
Notes :												
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.												
a. Conformément aux tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports de la CCNUCC, Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques comprend les émissions de combustion de sources fixes attribuables aux mines de charbon. Cependant, dans les Annexes 9 et 11, ces émissions sont comprises dans la catégorie Exploitation minière.												

Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public (catégorie 1.A.1.a du CUPR)

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 de la Construction.

Le réseau de distribution d'électricité au Canada comprend la production d'électricité par combustion, de même que l'hydroélectricité et les filières nucléaires et d'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 GES³, qui proviennent généralement des génératrices au diesel servant de source d'énergie de relève. 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. Les émissions découlant de l'extraction de l'uranium 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 du 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 une combinaison de PPR.

Raffinage du pétrole (catégorie 1.A.1.b du CUPR)

La sous-catégorie du Raffinage du pétrole comprend les émissions dues à la production de produits pétroliers à partir de matières premières brutes. Le brut conventionnel ou synthétique est transformé en produits pétroliers, comme du mazout lourd, du mazout résidentiel, du carburant d'aviation, de l'essence et du 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) ou de combustibles achetés (comme le gaz naturel). La catégorie des Émissions fugitives découlant des combustibles (section 3.3) inclut le CO₂ qui est un sous-produit de la production d'hydrogène dans le reformage à la vapeur du gaz naturel, ainsi que d'autres émissions fugitives provenant d'opérations de raffinage.

Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c du CUPR)

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 et de l'exploitation de la houille. Les émissions déclarées provenant du transport par pipeline figurent dans la sous-catégorie du Transport par pipeline (1.A.3.e.i) et les émissions du transport hors route dans les industries de l'extraction minière et de l'extraction du pétrole et du gaz dans la catégorie des Industries manufacturières et de la Construction – Véhicules hors route et autre machinerie (1.A.2.g.vii).

3 Dans le cas des centrales hydroélectriques, les émissions déclarées provenant des réservoirs hydrologiques associés (en raison de l'inondation des terres) apparaissent dans le secteur d'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie.

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 conventionnel, qui peut être raffiné pour donner des produits pétroliers raffinés comme l'essence et le carburant diesel. Les installations de valorisation utilisent également du gaz naturel ainsi que 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.

3.2.4.2. Questions de méthodologie

La méthodologie décrite à l'Annexe 3.1 permet de calculer les émissions de toutes les catégories de sources principalement à partir des données sur la consommation de combustibles présentées dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (Statistique Canada, 1990–). La méthode est conforme à la méthode 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 du CUPR)

Statistique Canada (StatCan) établit une distinction dans les données sur l'utilisation des combustibles, données présentées dans le BDEE, entre la production d'électricité par les industries et la production d'électricité par les services publics, mais regroupe les données sur la production d'électricité par les industries dans une seule catégorie intitulée Transformé en énergie électrique – Industrie. Réattribuer les 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 qui soutiennent les données du BDEE. Se reporter à l'Annexe 3.1 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). StatCan ne fait pas de distinction entre les données sur la consommation de combustibles du BDEE en utilisant ces sous-catégories; elles sont plutôt rassemblées en une seule catégorie intitulée Transformé en énergie électrique, par Services. Décomposer les émissions de GES de la catégorie Transformé en énergie électrique par Services du BDEE dans les sous-catégories du CUPR de la production d'électricité et de la production combinée de chaleur et d'électricité, se fait à l'aide des données d'entrée⁴ du BDEE. Se reporter à l'Annexe 3.1 pour des détails sur la méthodologie.

StatCan regroupe les données sur la consommation de combustibles pour les déchets ligneux industriels et les liqueurs résiduelles consommées à des fins énergétiques, en un seul total national. Réattribuer les émissions de CH₄ et de N₂O issues de la combustion de la biomasse à leurs catégories respectives se fait à l'aide des données du BDEE. Les émissions de CO₂ issues de la combustion de la biomasse ne sont pas incluses dans les totaux, mais sont plutôt déclarées séparément dans les tableaux du CUPR de la CCNUCC comme poste pour mémoire.

Raffinage du pétrole (catégorie 1.A.1.b du CUPR)

Le calcul des émissions pour cette sous-catégorie tient compte de toute l'utilisation de combustibles attribuable au secteur du raffinage du pétrole et inclut tous les produits pétroliers déclarés comme consommation des producteurs ou consommation personnelle et achats de gaz naturel comme combustible par les raffineries. Dans le BDEE, les données sur l'utilisation de combustibles comprennent les combustibles brûlés par torçage; toutefois, les émissions du torçage sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie Émissions fugitives imputables aux combustibles. Afin d'éviter la double comptabilisation, les données sur l'utilisation de combustibles et sur les émissions produites par le torçage sont soustraites. Pour plus de détails, se reporter à la section A3.2.2.7 de l'Annexe 3.

Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c du CUPR)

Pour cette sous-catégorie, l'équipe calcule les émissions en prenant en compte toute l'utilisation des propres combustibles des producteurs de combustibles fossiles. Dans le BDEE, les données sur l'utilisation de combustibles comprennent les combustibles brûlés par torçage; toutefois, les émissions dues au torçage sont calculées et déclarées séparément dans la section des émissions fugitives. Afin d'éviter la double comptabilisation, les sources de combustion fixes ne comprennent pas les données sur l'utilisation de combustibles et les émissions dues au torçage. Pour plus de détails, se reporter à la section A3.2.2.8, de l'Annexe 3.

Les producteurs de combustibles fossiles brûlent souvent du gaz naturel non marchand non traité. Celui-ci a un coefficient d'émission de CO₂ plus élevé que celui du gaz naturel marchand (se reporter à l'Annexe 6), 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.

⁴ Les « données d'entrée » du BDEE sont les données tirées d'enquêtes qui alimentent le BDEE. (Le BDEE regroupe et résume les données de ces enquêtes.)

3.2.4.3. 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 CO₂, le CH₄ et N₂O combinés et de ± 2 % pour le CO₂ 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 type de 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 commercialisables (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 CO₂ pour les combustibles non commercialisables, 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 CO₂ des combustibles commerciaux. Les coefficients d'émission de CO₂ 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 CH₄ (± 109 %) et de N₂O (± 265 %) de la catégorie des Industries énergétiques est fonction du degré d'incertitude des coefficients d'émission (ICF Consulting, 2004). Il faut solliciter les explications d'experts pour améliorer le degré estimatif d'incertitude associé aux émissions de CH₄ et de N₂O de certaines des fourchettes des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées 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 3.2.4.5, Recalculs, renferme une analyse des données sur les activités du BDEE.

Environ 31 % 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 pour la production et la transformation du gaz naturel, l'extraction de pétrole conventionnel et la production et 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 CO₂ (-1,4 % à +2,0 % pour l'Alberta; ± 6 % pour toutes les autres provinces) et de CH₄ (de 0 % à +240 %) pour la consommation de gaz naturel brut. Les émissions estimées dans l'industrie du gaz naturel qui ont été utilisées ont été pondérées à l'échelle provinciale, car il n'y a aucune donnée au niveau des usines sur la composition du gaz naturel brut consommé (qui peut varier d'une usine à l'autre).

3.2.4.4. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de la qualité qui ont été réalisés l'ont été conformément avec les Lignes directrices 2006 du GIEC. Les contrôles de la qualité comprennent un examen des modèles d'estimation, des données sur les activités, des coefficients d'émission, de la cohérence des séries chronologiques, de l'exactitude de la transcription, des documents de référence, des coefficients de conversion, de l'étiquetage des unités, ainsi que des calculs types des émissions.

Comme il est décrit au Chapitre 1, le 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. CO₂ ou plus depuis 2017, et des données sur les émissions rejetées de 50 kt d'éq. CO₂ ou plus de 2004 à 2016. Lorsqu'un secteur précis a été couvert en totalité ou presque, les données du programme de rapports sur les émissions de GES 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.

3.2.4.5. Recalculs

Plusieurs améliorations et révisions de données sur les activités ont permis d'accroître l'exactitude des données, d'améliorer leur comparabilité, ainsi que d'assurer leur uniformité par rapport aux Lignes directrices 2006 du GIEC et aux directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires. En général, les recalculs des émissions de la catégorie des Industries énergétiques de 2020 ont entraîné une diminution de 2,7 Mt d'éq. CO₂ par rapport au rapport précédent, due aux :

- données révisées du BDEE, y compris les mises à jour au gaz naturel, au gaz de distillation, au coke de pétrole et au diesel, ont donné lieu à de recalculs pour les années 1995 à 2020. Les données mises à jour ont modifié les émissions, entraînant des variations de -86,7 kt pour 2005 à 0,25 Mt pour 1996. Pour 2020, les révisions ont entraîné une diminution de 2,6 Mt des émissions.

- révisions apportées aux coefficients d'émission de CO₂ pour le gaz naturel commercialisable ont entraîné de recalculs pour toutes les catégories de source dans le secteur de l'Énergie qui consomment du gaz naturel de 1999 à 2020 dans les provinces de l'Atlantique. Les coefficients d'émission de CO₂ mis à jour pour le gaz naturel intégraient de nouveaux renseignements détaillés liés aux données sur la composition des gaz et les volumes comme fournis par l'industrie (se reporter à la section A6.1.1 de l'Annexe 6 pour obtenir plus de détails) de sources nationales et importées.
- révisions aux coefficients d'émission de CO₂ pour le coke de pétrole au Nouveau-Brunswick ont entraîné des recalculs de 2010 à 2020. Les coefficients d'émission de CO₂ intégraient des données détaillées sur la composition du coke de pétrole, ce qui s'est traduit par des recalculs variant de -101 kt en 2020 à 39 kt en 2012, pour la catégorie Production d'électricité et de chaleur.

3.2.4.6. Améliorations prévues

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), Ressources naturelles Canada (RNC) 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. Les responsabilités partagées en matière de contrôle de la qualité entre les membres du Groupe de travail (pour le BDEE et certaines enquêtes d'appoint⁵) contribueront également aux améliorations annuelles du bilan énergétique national et, à son tour, à l'inventaire national. Statistique Canada 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. 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 a évalué et modernisé certaines enquêtes afin de mieux saisir l'offre et la demande de combustibles fossiles et renouvelables. Ces mises à jour amélioreront la qualité et augmenteront la transparence des données du BDEE. Des exemples d'améliorations comprennent :

1. une collection d'enquêtes mensuelles sur les combustibles renouvelables sur les types de biodiesel et d'éthanol produits au Canada;
2. l'amélioration des méthodes de collecte de données concernant le mouvement de combustibles fossiles et de combustibles renouvelables par train et navires. Ces mises à jour amélioreront la qualité et augmenteront la transparence des données du BDEE.

Le Canada se concentre sur l'élaboration de coefficients d'émission propres au pays avec des améliorations qui accordent la priorité aux combustibles qui contribuent le plus aux GES. Au cours des dernières années, de nouveaux résultats et de nouvelles études ont fourni les bases pour les mises à jour apportées aux coefficients d'émission de CO₂ et aux pouvoirs calorifiques pour le charbon, l'essence, le diesel et le gaz naturel commercialisable et non commercialisable. L'Annexe 6 du présent rapport présente les résultats de ces activités d'améliorations. Le Canada continuera d'évaluer et de cerner des combustibles supplémentaires pour amélioration.

En outre, des travaux sont en cours pour évaluer la possibilité d'élaborer un inventaire ascendant pour la sous-catégorie de la Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, conformément aux méthodes de Niveau 3. Il faudra achever les activités de recherche et d'investigation pour veiller à une attribution appropriée des émissions des installations combinées productrices de chaleur et d'électricité et des centrales de production de chaleur de propriété privée.

3.2.5. Industries manufacturières et Construction (catégorie 1.A.2 du CUPR)

3.2.5.1. Description de la catégorie de source

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 de la Construction.

En 2021, la catégorie des Industries manufacturières et de la Construction était responsable de 66,1 Mt (9,9 %) des émissions totales de GES du Canada, avec une diminution de 11,5 % (8,6 Mt) de toutes les émissions depuis 1990 (se reporter au Tableau 3–6 pour plus de détails). Toujours dans la même catégorie, 37,9 Mt (57,3 %) des émissions de GES proviennent de la sous-catégorie Autres, qui englobe les activités d'exploitation minière, de la construction, de la fabrication hors route (associée 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 (9,2 Mt,

⁵ Par exemple, l'Enquête sur la consommation industrielle d'énergie (CIE)

Tableau 3-6 Contribution des Industries manufacturières et de la Construction aux émissions de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Industries manufacturières et construction – TOTAL (1.A.2)	74 700	75 600	78 800	69 400	63 100	66 900	64 700	67 600	70 000	70 500	63 700	66 100
Sidérurgie	4 950	5 790	6 200	5 510	4 960	5 760	5 620	6 010	6 390	6 080	4 570	5 170
Métaux non ferreux	3 540	3 420	3 800	3 840	3 240	3 380	3 460	3 430	2 960	3 450	3 250	3 200
Produits chimiques	8 260	10 300	10 600	8 260	9 870	12 100	10 800	9 800	9 400	9 600	9 500	9 200
Pâtes, papiers et imprimerie	14 500	12 800	12 500	8 600	5 920	6 000	6 010	6 400	7 090	7 190	6 500	6 860
Transformation des aliments, boissons et tabac ^a	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA
Produits minéraux non métalliques	3 970	4 160	4 640	5 400	4 080	3 910	3 930	4 160	4 200	4 040	3 600	3 850
Autres	39 500	39 200	41 000	37 800	35 000	35 800	34 900	37 900	39 900	40 100	36 300	37 900
Exploitation minière (à l'exclusion des combustibles) et de carrières ^b	4 170	4 400	4 350	3 980	5 150	4 380	3 950	4 600	6 100	5 730	5 590	5 910
Construction	1 880	1 180	1 080	1 440	1 520	1 310	1 300	1 300	1 380	1 440	1 430	1 460
Fabrication, exploitation minière et construction – hors route	12 300	13 900	17 400	16 100	15 200	17 100	16 900	19 000	19 800	20 100	17 300	18 100
Autres industries manufacturières	21 200	19 700	18 200	16 200	13 100	12 900	12 800	13 000	12 600	12 800	12 000	12 400

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, des boissons et du tabac font partie des Autres industries manufacturières.

b. Conformément aux tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports de la CCNUCC, les émissions de combustion des mines de charbon sont exclues de l'Exploitation minière (à l'exclusion des combustibles) et de carrières. Toutefois, aux Annexes 9 et 11, ces émissions sont comprises dans la catégorie Exploitation minière.

13,9 %), Pâtes et papiers et imprimerie (6,86 Mt, 10,4 %), Sidérurgie (5,17 Mt, 7,8 %), Produits minéraux non métalliques (3,85 Mt, 5,8 %) et Métaux non ferreux (3,2 Mt, 4,8 %). 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 l'Annexe 3.1). 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 métallurgique dans la réduction du minerai de fer, d'autres combustibles comme matières premières et de réactifs chimiques.

3.2.5.2. Questions de méthodologie

Pour chaque sous-catégorie de la catégorie des Industries manufacturières et de la Construction, le calcul des émissions de GES résultant de l'utilisation de combustibles est effectué à l'aide de la méthode décrite à l'Annexe 3.1, y compris la méthode pour les émissions des véhicules hors route, conformément à la méthode de Niveau 2 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 de la Construction.

StatCan a agrégé les données sur l'utilisation de combustible pour les déchets ligneux industriels et les liqueurs résiduelles brûlées à des fins énergétiques en un total national. La réattribution des émissions de CH₄ et de N₂O provenant de la combustion de biomasse dans leur catégorie respective fait appel aux données d'entrée du BDEE. Les émissions de CO₂ résultant de la combustion de biomasse ne sont pas incluses dans les totaux, mais figurent séparément dans les tableaux du CUPR de la CCNUCC comme poste pour mémoire.

Les questions de méthodologie propres à chaque sous-catégorie manufacturière sont décrites ci-après.

Sidérurgie (catégorie 1.A.2.a du CUPR)

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 le volume 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 comme réactif pour la réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux.

Métaux non ferreux (catégorie 1.A.2.b du CUPR)

Le BDEE fournit toutes les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie.

Produits chimiques (catégorie 1.A.2.c du CUPR)

C'est dans le secteur Procédés industriels et utilisation de produits que sont déclarées les émissions attribuables aux combustibles utilisés comme matières premières.

Pâtes et papiers et imprimerie (catégorie 1.A.2.d du CUPR)

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 du CUPR)

Les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie ne sont pas disponibles 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 du CUPR)

Le BDEE fournit toutes les données sur l'utilisation des combustibles dans cette sous-catégorie, sauf celles sur l'utilisation des combustibles résiduels, qui proviennent des données annuelles obtenues auprès de l'industrie et qui sont fournies par le CCDEE.

Autres (exploitation minière, bâtiment et autres industries manufacturières) (catégorie 1.A.2.g du CUPR)

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.

3.2.5.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré estimatif d'incertitude de la catégorie des Industries manufacturières et Construction est de ± 2 % pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O combinés.

Les données de départ sur les quantités de combustibles et les coefficients d'émission de CO₂ sont assorties d'un faible degré d'incertitude, car il s'agit essentiellement de combustibles commerciaux 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 améliorer le degré estimatif d'incertitude pour le CH₄ et le N₂O pour certaines des plages d'incertitude des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées par les auteurs de l'étude d'ICF Consulting (ICF Consulting, 2004).

Les estimations relatives à la catégorie des Industries manufacturières et de la Construction ont été établies de manière cohérente dans le temps au moyen de la même méthode. La section 3.2.4.5, Recalculs, renferme une analyse des données sur l'utilisation des combustibles mises à jour par le BDEE.

3.2.5.4. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de la qualité qui ont été réalisés l'ont été conformément avec les Lignes directrices 2006 du GIEC. Les contrôles de la qualité comprennent un examen du modèle d'estimation, des données sur les activités, des coefficients d'émission, de la cohérence des séries chronologiques, de l'exactitude de la transcription, des documents de référence, des coefficients de conversion, de l'étiquetage des unités, ainsi que des calculs types des émissions.

Les contrôles de la qualité effectués l'égard de l'ensemble du modèle d'estimation des émissions de GES de la combustion fixe et de la série chronologique portaient sur les éléments suivants : les coefficients d'émission, les données sur les activités et les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Les contrôles de la qualité n'ont révélé aucune erreur mathématique ni de référence. Les données, les méthodes et les changements relatifs aux activités de CQ sont illustrés et archivés.

3.2.5.5. Recalculs

Il existe des estimations des émissions révisées pour toutes les années, ce qui s'est traduit par une modification des estimations de 2020, qui présentent une augmentation de 4,0 Mt d'éq. CO₂ par rapport au rapport précédent en raison des changements suivants :

- une révision des données du BDEE, qui a entraîné des modifications aux années 2010 à 2020 se traduisant par une augmentation de 0,6 Mt des émissions en 2020;
- une révision du coefficient d'émission du CO₂ pour le charbon anthraciteux pour toutes les années (voir la section A.6.1.4 de l'Annexe 6 pour des précisions) a entraîné des modifications aux émissions, se traduisant par des augmentations de 0,2 Mt à 0,4 Mt pour les années 1990 à 2019, et de 0,3 Mt des émissions pour 2020;
- une révision des coefficients d'émission du CO₂ pour le gaz naturel commercialisable dans les provinces de l'Atlantique et pour toutes les années de 1999 à 2020, à l'aide de données détaillées sur la composition des gaz, ainsi que des volumes, fournies par l'industrie (se reporter à la section A6.1.1 de l'Annexe 6 pour plus de détails);
- plusieurs mises à jour apportées aux méthodes associées aux véhicules routiers et aux véhicules et équipements hors route (se reporter à la section 3.2.6.5 pour une brève description). Les mises à jour aux méthodes de calcul pour les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route ont entraîné la modification de toute la série chronologique des émissions hors route de cette catégorie, se traduisant par des augmentations de 1,4 Mt pour 1995 à 7,0 Mt pour 2001.

3.2.5.6. 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 3.2.4.6, Améliorations prévues, pour obtenir plus de détails sur les activités de StatCan et du Groupe de travail trilatéral sur l'énergie.

Il y a plusieurs mises à jour prévues aux intrants de modélisation des émissions hors route. La section 3.2.6.6, Améliorations prévues, comprend plus de détails.

En outre, l'équipe d'examen composée d'experts (EEE) de la CCNUCC a recommandé que le Canada déclare les émissions de GES associées au secteur 1.A.2.e (Transformation des aliments, boisson et tabac) séparément de la sous-catégorie 1.A.2.g, Autres. Cependant, StatCan ne possède actuellement pas les renseignements nécessaires pour subdiviser davantage les données sur l'utilisation des combustibles à ce niveau de détail précis. L'examen d'autres sources de données et d'autres méthodes, en vue de réattribuer les données comme demandé, se poursuit.

3.2.6. Transport (catégorie 1.A.3 du CUPR)

En 2021, les émissions de GES attribuables au secteur des transports totalisent 149 Mt, soit environ 22 % des émissions totales de GES du Canada (voir le Tableau 3–7). 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 26 Mt (104 %) pour les camions légers à essence et à 20 Mt (124 %) 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 Mt depuis 1990. Depuis 1990, la catégorie des Transports a affiché une augmentation de 25 % et est responsable de 37 % de l'augmentation globale totale des émissions observée au Canada.

Tableau 3-7 Contribution des Transports aux émissions de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Transport – TOTAL (1.A.3)	119 000	133 000	145 000	158 000	161 000	161 000	160 000	163 000	167 000	168 000	141 000	149 000
Volés intérieurs ^a	7 280	6 470	7 530	7 460	6 430	7 350	7 270	7 710	8 420	8 340	4 560	5 390
Transports routiers	92 000	100 000	110 000	123 000	133 000	129 000	128 000	129 000	132 000	132 000	111 000	116 000
Véhicules légers à essence	44 500	44 300	41 900	40 800	38 000	34 500	34 300	33 600	33 000	32 300	25 000	24 200
Camions légers à essence	24 800	28 600	35 200	41 100	45 300	47 700	50 400	51 600	53 300	55 100	47 200	50 500
Véhicules lourds à essence	4 790	4 170	4 270	4 620	4 590	4 310	4 370	4 430	4 470	4 540	4 200	4 310
Motos	204	225	319	458	594	838	874	897	922	952	773	765
Véhicules légers au diesel	368	435	464	667	741	702	644	615	588	505	310	323
Camions légers au diesel	889	1 240	1 100	750	516	589	576	642	720	744	600	716
Véhicules lourds au diesel	15 700	21 300	26 300	34 400	43 700	40 100	36 900	37 100	38 500	37 500	32 600	35 200
Véhicules au propane et au gaz naturel	760	218	42	23	33	67	77	114	131	170	178	191
Transport ferroviaire	6 920	6 260	6 530	6 580	6 460	6 930	6 350	7 250	7 410	7 460	6 930	6 840
Navigation intérieure ^{a, b}	2 200	2 450	2 730	3 120	2 850	2 810	2 990	3 200	3 220	4 050	3 610	4 140
Autres modes de transport ^c	10 400	16 900	18 500	17 700	12 200	15 600	15 700	15 600	16 300	16 400	15 300	16 500
Véhicules hors route autres modes de transport	3 460	4 850	7 180	7 620	6 480	7 330	7 940	8 030	7 960	7 900	7 550	7 740
Transport par pipeline	6 900	12 000	11 300	10 100	5 720	8 280	7 720	7 550	8 380	8 480	7 740	8 730

Note :

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 du CUPR).

b. Exclut les émissions attribuables aux navires de pêche qui ont été déclarées dans les catégories Agriculture, foresterie et pêches.

c. Exclut les émissions hors route déclarées dans les secteurs des Industries manufacturières et construction, et Autres.

3.2.6.1. Description de la catégorie de source

La catégorie des transports comprend l'utilisation de combustibles par tous les modes de transport au Canada. Elle a été subdivisée en six sous-catégories distinctes :

- le Transport aérien intérieur
- le Transport routier
- le Transport ferroviaire
- le Transport maritime intérieur
- le Transport par pipeline
- les Autres moyens de transport (hors route)

3.2.6.2. 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 de l'Annexe 3.1. Toutefois, compte tenu des nombreux types différents de véhicules, d'activités et de combustibles, 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 du CUPR)

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 précisé ailleurs) (catégorie 1.A.5b du CUPR). 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 Postes pour mémoire – Soutes internationales (catégorie 1.D.1.a du CUPR).

La méthode relative à la sous-catégorie du Transport aérien intérieur est fondée sur une méthode modifiée de Niveau 3 du GIEC. Pour établir les estimations des émissions, des coefficients propres au pays sont utilisés, à chaque type d'aéronef et des coefficients par défaut du GIEC. Les estimations sont établies par le MEGESA et sont calculées à l'aide des quantités déclarées de carburant d'aviation et de carburéacteur consommés qui sont publiées dans le BDEE (Statistique Canada, 1990–). La plus grande partie des ventes de carburant d'aviation mentionnées dans le BDEE représentent la quantité de carburant vendu à des compagnies aériennes canadiennes, à des compagnies aériennes étrangères et à des administrations publiques, et au secteur commercial et institutionnel.

Transport routier (catégorie 1.A.3.b.i-v du CUPR)

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.

Transport ferroviaire (catégorie 1.A.3.c du CUPR)

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 CO₂ et une méthode de Niveau 1 du GIEC pour les émissions de CH₄ et de N₂O (GIEC, 2006). Les données sur les ventes de carburant provenant du BDEE (Statistique Canada, 1990–) et incluses dans le transport ferroviaire sont multipliées par les coefficients d'émission propres au pays.

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. CO₂, c.-à-d. elles sont inférieures aux exigences de déclaration précisées à la CCNUCC de 0,05 % des émissions totales et au seuil de 500 kt.

Transport maritime intérieur (catégorie 1.A.3.d du CUPR)

Cette catégorie comprend toutes les émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur. Les émissions dues au combustible utilisé pour les voyages internationaux sont déclarées à titre de combustibles de soute internationaux et comptabilisées séparément (catégorie 1.D.1.b du CUPR). 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 du CUPR. Les émissions dues aux combustibles consommés par les navires militaires sont déclarées dans Autres (non précisé ailleurs) – sous-catégorie Mobile (catégorie 1.A.5.b du CUPR).

La méthode d'estimation des émissions est conforme à la technique de Niveau 2 du GIEC pour les émissions de CO₂ et à la technique de Niveau 1 du GIEC pour les émissions de CH₄ et de N₂O (GIEC, 2006). Les données sur la consommation de carburant provenant du BDEE sont rapprochées aux données sur la consommation de carburant de l'OIEN 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 du CUPR)

Les pipelines⁶ sont le seul moyen de transport qui ne fasse pas appel à des véhicules dans ce secteur. Ils utilisent des moteurs alimentés aux combustibles fossiles 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 de la consommation de produits pétroliers raffinés, comme le carburant diesel, survient 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.

⁶ Transport du pétrole ou du gaz par des systèmes de pipelines à haute pression.

Autres moyens de transport (hors route) (catégorie 1.A.3.e.ii du CUPR)

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 route⁷ (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. Les émissions sont fondées sur les coefficients d'émission propres au pays, les données quantitatives sur le matériel et les facteurs d'utilisation.

3.2.6.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Transports

Le degré d'incertitude global des estimations de 2021 pour la catégorie des Transports (excluant les pipelines) est estimé à $\pm 1,2$ % pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O, 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 $\pm 5,8$ %. La sous-catégorie du Transport aérien intérieur n'a représenté que 3 % environ des émissions totales de GES attribuables aux Transports 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 $\pm 1,2$ % 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 CO₂ qui leur sont associées. Réciproquement, le degré d'incertitude élevé associé aux émissions de CH₄ et de N₂O 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 ± 21 %. La plus grande incidence est attribuable au degré élevé d'incertitude associé au coefficient d'émission de N₂O (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 CO₂ a eu très peu d'incidence. Il importe de noter que les émissions attribuables au transport ferroviaire n'ont représenté que 4 % environ de l'inventaire des GES de la catégorie des transports et qu'elles n'ont pas eu, par conséquent, 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 $\pm 2,9$ %. La plus grande incidence est attribuable au degré élevé d'incertitude associé au coefficient d'émission de N₂O (-40 % à +140 %), tandis que le degré d'incertitude du coefficient d'émission de CO₂ était négligeable. Comme les émissions du transport maritime intérieur ne représentaient que 2 % de l'inventaire des GES de la catégorie des Transports, celles-ci n'ont pas eu une grande incidence sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables au Transport par pipeline

De manière générale, le degré d'incertitude associé aux émissions de CH₄ du transport par pipeline est d'environ ± 15 %. Les tableaux A2-1 et A2-2 présentent les degrés d'incertitude précis pour les pipelines, par GES.

⁷ Désigne les véhicules autres que routiers ou hors route. Les termes « autres que routiers » et « hors route » sont interchangeables.

Émissions attribuables aux Véhicules hors route

La sous-catégorie des Véhicules hors route comprend l'équipement qui consomme de l'essence, du diesel, du propane, du gaz naturel et de l'huile lubrifiante. Le degré d'incertitude quant aux sources de transport hors route est estimé à $\pm 1,5\%$ 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 CO₂ qui leur sont associées.

3.2.6.4. AQ/CQ et vérification

Des contrôles de qualité de Niveau 1, tels ceux prévus dans le cadre pour le plan d'AQ/CQ (voir le Chapitre 1), ont été effectués à l'égard de toutes les catégories des transports et non juste celles qui sont désignées comme étant des catégories « principales ». Aucune erreur mathématique n'a été décelée.

En outre, certaines mesures de vérification ont été prises à l'étape de la préparation du modèle. Étant donné que le modèle MOVES utilise les données nationales sur les combustibles, définies par type et par région, combinées aux coefficients d'émission propres au pays, l'examen porte avant tout sur le profil du parc de véhicules, car c'est lui qui détermine la demande de carburant par catégorie de véhicules et par conséquent les taux et les quantités d'émissions. Des relations interministérielles sont établies entre ECCC, Transports Canada, StatCan et RNCAN pour faciliter l'échange non seulement de données brutes, mais également de connaissances sur le parc de véhicules, les taux de consommation de carburant et les taux d'accumulation au kilomètre. Par exemple, les taux d'accumulation au kilomètre ont été validés au moyen de l'Enquête sur l'utilisation des véhicules au Canada, une enquête indépendante sur les chauffeurs gérée par Transports Canada. Cette perspective plus globale permet de mieux comprendre l'utilisation réelle des véhicules et devrait favoriser une amélioration des modèles et des estimations des émissions.

3.2.6.5. Recalculs

Les estimations des émissions du secteur des transports ont été révisées pour la période de 1990 à 2020 comme suit :

- **Combustibles du BDEE** : Des révisions dignes de mention comprennent la mise à jour des données préliminaires du BDEE de 2020 pour tous les combustibles ainsi que la mise à jour des volumes de diesel pour la période de 2010 à 2019 . Ces révisions ont considérablement réduit la quantité de carburant diesel attribuée aux véhicules routiers et aux véhicules et équipements hors route. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.
- **Mise à jour de la méthode d'estimation des volumes de biodiesel applicable aux transports du BDEE** : Les volumes de biodiesel brûlé sont maintenant estimés en supposant que le carburant diesel déclaré dans le BDEE comprend le biodiesel. Dans le rapport antérieur, les volumes de biodiesel étaient estimés d'après les données sur le carburant diesel déclarées dans le BDEE qui excluaient le biodiesel. Cette mise à jour a entraîné une légère diminution des quantités de carburant diesel et de biodiesel consommés à l'échelle nationale. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.
- **Mise à jour de la méthode d'attribution des combustibles déclarés dans le BDEE entre les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route** : La méthode de normalisation a été mise à jour pour l'essence à moteur et le carburant diesel pour que les catégories du BDEE apportent un changement plus profond à l'attribution des combustibles déclarés dans le BDEE entre les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route. Dans le précédent rapport, cette attribution ne variait qu'avec les résultats du modèle d'estimation des émissions. Cette mise à jour a entraîné une réattribution importante de ces volumes de combustible entre les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.
- **Mises à jour aux estimations relatives aux parcs de véhicules routiers** : Les données sur les parcs de véhicules routiers modélisés dans MOVES ont été mises à jour à l'aide des plus récentes données des fournisseurs et d'ajustements pour que les totaux correspondent au nombre de véhicules enregistrés qui a été publié par Statistique Canada. Cette mise à jour a entraîné une réattribution notable de l'utilisation de carburant dans les sous-catégories des Véhicules routiers. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.
- **Mises à jour aux taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers** : Les taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers modélisés par MOVES ont été mis à jour à l'aide des plus récentes données disponibles sur l'entretien et l'inspection des véhicules. Cette mise à jour a entraîné une réattribution notable de l'utilisation de carburant dans les sous-catégories des Véhicules routiers. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.
- **Transition vers un modèle amélioré d'estimation des émissions des véhicules routiers** : Les émissions estimatives des véhicules routiers sont maintenant modélisées à l'aide de MOVES3 plutôt que MOVES2014B, qui comprennent des taux de consommation d'énergie mis à jour. Cette mise à jour a entraîné une réattribution notable de l'utilisation de carburant dans les catégories des Véhicules routiers. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.
- **Mises à jour aux parcs de véhicules et équipements hors route** : Les émissions des parcs de véhicules et équipements hors route modélisées par NONROAD ont été mises à jour à l'aide des plus récentes données des fournisseurs. Cette mise à jour a entraîné une réattribution notable de l'utilisation de carburant dans les sous-catégories applicables aux véhicules et équipements hors route. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 pour des précisions.

- **Nouvelle méthode d'estimation des émissions à partir des volumes d'huile lubrifiante brûlée dans les moteurs hors route à deux temps** : L'estimation des émissions à l'aide des volumes d'huile lubrifiante brûlée dans les moteurs hors route à deux temps est effectuée séparément des volumes d'essence à moteur. Cette mise à jour a entraîné une légère augmentation des émissions estimées à partir des données pour les moteurs hors route. Se reporter à la section 3.1.4.2.1 de l'Annexe 3 et à la section 6.1 de l'Annexe 6 pour des précisions.
- **Coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O des véhicules routiers conformes aux normes fédérales de Niveau 3 sur les gaz d'échappement** : Les données de MOVE3 et celles de l'USEPA pour la certification des moteurs ont été utilisées pour établir des coefficients d'émission cohérents pour le CH₄ et le N₂O, respectivement.
- **Mise à jour des données sur les activités pour la navigation maritime** : L'Outil d'inventaire des émissions des navires (OIN) a été révisé pour les années civiles 2015, 2016, 2017 et 2018 et les nouvelles données sur les activités pour 2019 et 2020 ont été prises en compte dans le modèle de consommation de carburant marin.

Des révisions ont été apportées au total de la catégorie des Transports pour toutes les années depuis 1990. Les mises à jour relatives aux données du BDEE ont entraîné des diminutions importantes pour 2010 et les années suivantes, variant de 3,8 Mt pour 2010 à 18 Mt pour 2020. Les révisions aux données du BDEE sur le carburant, outre la méthode mise à jour pour estimer le biodiesel à partir des données du BDEE, ont entraîné une diminution de la quantité de carburant associée aux transports. La méthode mise à jour pour attribuer le carburant déclaré dans le BDEE entre les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route a entraîné la réattribution du carburant aux différentes sous-catégories des Véhicules routiers et des Véhicules et équipements hors route au secteur Énergie. Les mises à jour restantes associées aux véhicules routiers et aux véhicules et équipements hors route, sauf celles associées à l'huile lubrifiante et aux coefficients d'émission, ont également contribué à la réattribution du carburant dans le BDEE, mais dans une moindre mesure. Se reporter aux sections 3.2.5.5 et 3.2.7.5 pour des précisions sur l'effet qu'ont eu ces révisions sur les catégories 1.A.2 et 1.A.4 du CUPR, respectivement.

3.2.6.6. Améliorations prévues

Des améliorations sont prévues pour la catégorie des Transports. À l'heure actuelle, il est hautement prioritaire de mettre en œuvre d'autres mises à jour aux intrants de modélisation des émissions associées aux activités hors route. Les intrants de modélisation des émissions associées aux activités hors route comprennent les distributions provinciales et territoriales utilisées pour attribuer les émissions aux véhicules et équipements hors route à l'échelle nationale ainsi que les taux d'utilisation annuels pour certains véhicules et équipements. Ces améliorations ne seront pas exclusives aux véhicules et aux équipements hors route dont les émissions sont attribuées à la catégorie Transports. Des améliorations sont également prévues pour les émissions de la catégorie Véhicules et équipements hors route attribuées à Autres secteurs (catégorie 1.A.4 du CUPR) et à Industries manufacturières et Construction (catégorie 1.A.2 du CUPR).

3.2.7. Autres secteurs (catégorie 1.A.4 du CUPR)

3.2.7.1. Description de la catégorie de source

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 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 entraîne des émissions de CO₂ ainsi que de CH₄ et de N₂O, qui dépendent de 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 CH₄ et de N₂O ont été incluses dans les estimations de cette sous-catégorie, tandis que les émissions de CO₂ ont été déclarées séparément dans les tableaux du CUPR comme poste pour mémoire, et n'ont pas été incluses dans les totaux du secteur de l'Énergie.

En 2021, la catégorie Autres secteurs a produit 95,4 Mt (14,2 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation globale d'environ 10,1 % (8,77 Mt) depuis 1990. Dans la catégorie Autres secteurs, la sous-catégorie Commercial et institutionnel a produit 41,2 Mt (43,2 %), suivie de la sous-catégorie Résidentiel avec 37,5 Mt (39,3 %) et de la sous-catégorie Agriculture, foresterie et pêches avec 16,7 Mt (17,5 %). Depuis 1990, les émissions de GES ont augmenté de 35,4 % (10,8 Mt) dans la sous-catégorie Commercial et institutionnel et de 38,7 % (4,7 Mt) dans la sous-catégorie Agriculture, foresterie et pêches, tandis que les émissions de GES de la sous-catégorie Résidentiel ont baissé d'environ 15,1 % (6,6 Mt). Reportez-vous au Tableau 3–8 pour plus de détails. Le Chapitre 2 présente une analyse plus approfondie des tendances relatives à la catégorie Autres secteurs.

Tableau 3-8 Contribution des Autres secteurs aux émissions de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Autres secteurs – TOTAL (1.A.4)	86 600	90 400	96 200	94 400	88 400	92 300	92 500	97 600	102 000	103 000	96 800	95 400
Commercial et institutionnel	30 400	33 300	37 900	36 900	33 200	35 400	37 000	39 700	41 400	43 300	41 300	41 200
Secteur commercial et autres secteurs industriels	26 200	29 400	33 300	32 400	28 600	30 400	31 700	34 000	35 500	37 200	35 900	35 400
Commercial et institutionnel hors route	4 250	3 980	4 570	4 500	4 650	4 930	5 230	5 650	5 920	6 030	5 340	5 800
Résidentiel	44 100	45 600	45 700	44 600	42 500	42 000	40 300	41 100	42 900	41 700	39 000	37 500
Combustion de sources fixes	43 800	44 900	44 700	43 300	41 300	40 900	39 300	40 100	41 900	40 700	38 000	36 500
Résidentiel hors route	366	686	993	1 220	1 190	1 060	1 060	1 040	1 020	1 000	970	940
Agriculture, foresterie et pêches	12 000	11 400	12 600	13 000	12 700	14 900	15 200	16 800	17 700	18 000	16 600	16 700
Agriculture et foresterie	2 410	2 770	2 570	2 180	2 660	2 960	3 180	3 080	3 190	3 490	3 030	3 090
Agriculture, foresterie et pêches hors route	9 610	8 680	10 080	10 790	10 030	11 950	12 020	13 740	14 510	14 470	13 530	13 570

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

3.2.7.2. Questions de méthodologie

Les calculs des émissions pour ces catégories de sources sont exécutés conformément à la méthode décrite à l'Annexe 3.1, qui est une méthode de Niveau 2 du GIEC, avec des coefficients d'émission propres au pays. Les questions de méthodologie propres à chaque catégorie sont 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 pour la catégorie des transports.

Commercial et institutionnel (catégorie 1.A.4.a du CUPR)

Les estimations des émissions dans cette catégorie reposent sur les données relatives à la consommation de carburant dans le secteur commercial et les administrations publiques. Dans le cas des gaz d'enfouissement, ECCC recueille les volumes de production. Les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables à la combustion des gaz d'enfouissement sont comprises dans cette catégorie; les émissions de CO₂ ne sont pas comprises dans les totaux et sont déclarées séparément dans les tableaux du CUPR 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 estime les quantités de déchets médicaux. Reportez-vous à la section A3.6.3 de l'Annexe 3 pour plus de détails. Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O liées à la combustion de la portion non biogène des déchets sont comprises, de même que les émissions de CH₄ et de N₂O liées à la combustion de la portion biogène des déchets. Les totaux de GES nationaux excluent les émissions de CO₂ de la portion biogène des déchets; ces nombres figurent séparément comme poste pour mémoire dans les tableaux du CUPR de la CCNUCC.

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 du CUPR. 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 du CUPR)

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. L'Annexe 3.1 explique en détail la méthode de calcul de la combustion de biomasse (bois de chauffage résidentiel). Les émissions de CH₄ et de N₂O attribuable à la combustion de bois de chauffage sont incluses dans la présente catégorie, et les émissions de CO₂ sont indiquées comme poste pour mémoire, même si elles ne sont pas comptabilisées dans le total national des GES de la sous-catégorie Résidentiel.

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.b.ii) conformément à la catégorisation du CUPR. 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 du CUPR)

Cette sous-catégorie englobe les émissions provenant de l'utilisation de combustibles dans les industries agricole, forestière et de pêches. Les estimations des émissions pour cette catégorie découlent des navires de pêche, de l'exploitation de la machinerie utilisée sur place et du chauffage et 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'est-à-dire transformation des aliments). La section 3.1.4.2.3 de l'Annexe 3, 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 du CUPR.

3.2.7.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré estimatif d'incertitude pour la catégorie Autres secteurs est de ± 3 % pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O combinés et de ± 2 % pour le CO₂ seul.

Les quantités de combustibles fossiles de départ et les coefficients d'émission de CO₂ (non relatifs à la biomasse) ont un faible degré d'incertitude, étant donné qu'il s'agit le plus souvent de combustibles commerciaux qui ont des propriétés stables et dont les quantités peuvent être comptabilisées de manière précise, comparativement aux données sur la biomasse résidentielle. Le degré d'incertitude global pour les émissions autres que le CO₂ est de 5 % pour la sous-catégorie Résidentiel, comparativement à 2 % pour la sous-catégorie Commercial; ceci découle plutôt de l'incertitude accrue qui est associée aux coefficients d'émission de CH₄ (de -90 % à + 1 500 %) et de N₂O (de -65 % à + 1 000 %) pour le bois de chauffage résidentiel, par rapport aux coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O que pour les combustibles fossiles (ICF Consulting, 2004). Comme il a été mentionné pour la catégorie des Industries énergétiques, pour certaines des fourchettes d'incertitude des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité, de nouveaux avis d'experts permettront d'améliorer les estimations du degré d'incertitude associé au CH₄ et au N₂O.

Ces estimations sont fondées sur la même méthodologie et sont cohérentes sur toute la série chronologique. La section 3.2.4.5 – Recalculs présente une analyse des données sur l'utilisation des combustibles.

3.2.7.4. AQ/CQ et vérification

La catégorie Autres secteurs a été soumise à des contrôles de la qualité conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les contrôles de la qualité n'ont relevé aucune erreur mathématique, de données ni de référence. Les données, les méthodes et les changements relatifs aux activités de CQ sont illustrés et archivés sur support papier.

3.2.7.5. Recalculs

La révision des méthodes et des données sur les activités a permis de procéder à de recalculs et de rehausser l'exactitude des émissions pour la catégorie Autres secteurs, pour toutes les années, les émissions estimatives pour 2020 augmentant de 3,5 Mt d'éq. CO₂ par rapport au précédent rapport, en raison des modifications suivantes :

- les révisions de données du BDEE, qui ont eu un effet sur les émissions de 2010 à 2020 et entraîné une diminution des émissions de 0,4 Mt pour 2020;
- les révisions des données sur le bois de chauffage résidentiel, qui ont entraîné une diminution des émissions variant de -21 kt à -2 kt entre 2018 et 2020;
- les révisions des données sur déchets solides municipaux, qui ont entraîné des modifications des émissions variant de -5,444 kt à 5,1 kt entre 2019 et 2020;
- les révisions des données sur les gaz d'enfouissement, qui ont eu un effet sur toute la série chronologique et entraîné des modifications des émissions variant de -0,11 kt à 0,05 kt;
- les révisions des coefficients d'émission du CO₂ pour le gaz naturel commercialisable dans les provinces de l'Atlantique, et pour toutes les années de 1999 à 2020, établis à l'aide des données détaillées sur la composition des gaz ainsi que des volumes fournis par l'industrie (se reporter à la section A6.1.1.1 de l'Annexe 6 pour plus de détails), qui ont entraîné des modifications variant de -1,3 kt pour 2016 à 1,1 kt pour 2012;
- les révisions des méthodes de calcul pour les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route. Se reporter à la section 3.2.6.5, Recalculs, pour une brève description de ces mises à jour. Les mises à jour apportées aux méthodes relatives aux activités routières et hors route ont eu un effet sur toute la série chronologique et ont entraîné des modifications combinées des émissions associées aux activités hors route de cette catégorie variant d'une diminution des émissions de 2,4 Mt pour 1995 à une augmentation des émissions de 6,0 Mt pour 2019.

3.2.7.6. Améliorations prévues

Bien que des améliorations aient été apportées au BDEE (comme il a été présenté dans l'analyse sur les recalculs dans la section d'aperçu 3.1), 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 3.2.4.6 Améliorations prévues pour obtenir un peu 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 3.2.6.6, Améliorations prévues, pour plus de détails.

Des améliorations prévues supplémentaires pour la catégorie Autres secteurs comprennent la réalisation d'études sur les paramètres de la biomasse, comme la teneur en humidité, la teneur énergétique et les coefficients d'émission.

3.2.8. Autres (non précisé ailleurs) (catégorie 1.A.5 du CUPR)

Les lignes directrices de la CCNUCC attribuent à cette catégorie du CUPR l'utilisation de combustibles par l'armée. Les émissions dues à l'aviation militaire sont estimées à l'aide du modèle MEGESA et incluses dans cette catégorie (1.A.5.b). Les émissions produites par le transport maritime militaire sont estimées par l'OIEN et sont incluses dans cette catégorie (1.A.5.b). Tout comme dans les rapports précédents, 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 3.2.7), conformément aux données sur le carburant du BDEE (Statistique Canada, 1990–). Voir le Tableau 3–9 pour des données additionnelles.

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Autres (non précisé ailleurs) TOTAL (1.A.5)	262	259	293	286	283	376	387	335	333	342	267	281

3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B du CUPR)

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'intérieur (p. ex., pour le chauffage) ou vendue sont déclarées dans la catégorie appropriée de combustion d'un combustible.

Les deux catégories retenues dans l'inventaire sont les rejets fugitifs associés aux combustibles solides (extraction et manutention du charbon et mines de charbon abandonnées) et les rejets des activités de l'industrie du pétrole et du gaz naturel.

En 2021, les émissions fugitives imputables aux combustibles ont représenté 550 Mt (8,2 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une croissance de 14,6 % (7,0 Mt) depuis 1990. Les émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel ont augmenté de 19,2 % (8,7 Mt), et celles des exploitations houillères ont diminué de 58,4 % (-1,6 Mt) depuis 1990. Les activités de production, de transformation, de transport et de distribution du pétrole et du gaz représentaient 98 % des émissions fugitives. Reportez-vous au Tableau 3–10 pour plus de renseignements.

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Émissions fugitives imputables aux combustibles (1.B)	48 000	62 000	70 000	70 000	70 000	73 000	66 000	66 000	66 000	64 000	55 000	55 000
Combustibles fossiles – extraction du charbon (1.B.1)	2 800	2 300	1 700	1 400	1 400	1 100	1 300	1 200	1 300	1 400	1 100	1 200
a. Souterraines – Activités d'exploitation minière	1 500	700	100	90	90	30	1	60	100	160	1	1
b. Mines souterraines abandonnées	190	400	550	170	150	60	70	80	70	60	60	60
c. De surface – Activités d'exploitation minière	1 100	1 200	1 100	1 100	1 100	1 100	1 200	1 100	1 200	1 200	1 000	1 100
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	45 000	60 000	68 000	69 000	68 000	72 000	65 000	65 000	65 000	63 000	54 000	54 000
a. Pétrole ^a	6 500	8 100	9 600	10 700	12 600	13 400	13 000	13 200	13 400	13 400	12 000	12 200
b. Gaz naturel ^a	11 000	14 000	14 000	15 000	14 000	13 000	12 000	12 000	12 000	12 000	11 000	10 000
c. Évacuation et torchage ^b	27 000	38 000	45 000	43 000	41 000	46 000	39 000	40 000	40 000	38 000	32 000	31 000
i. Évacuation	22 000	32 000	38 000	38 000	36 000	39 000	34 000	34 000	33 000	32 000	25 000	24 000
ii. Torchage	5 050	5 910	6 380	5 450	4 970	6 860	5 680	6 020	6 230	6 010	6 550	7 070

Notes :

I = Inexistant

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

a. Toutes les autres émissions fugitives sauf l'évacuation et le torchage.

b. Pour les activités pétrolières et gazières.

3.3.1. Combustibles solides (catégorie 1.B.1 du CUPR)

3.3.1.1. Description de la catégorie de source

Les seules émissions fugitives déclarées provenant de la transformation des combustibles solides au Canada proviennent des mines de charbon actives et abandonnées. Les émissions attribuables à la combustion dans la catégorie 1.A.2 a du CUPR comprennent les émissions fugitives de la production de coke (torchage). Les autres sources d'émissions attribuables à la transformation des combustibles solides sont inconnues et il est présumé qu'elles ne sont pas significatives.

Extraction et manutention du charbon

Les sources d'émissions liées à l'extraction du charbon incluent les surfaces de charbon exposées, les blocs de charbon et de l'évacuation de CH₄ par les gisements. Les activités post-extraction, comme la préparation, le transport, le stockage et la transformation finale avant la combustion, dégagent également du CH₄. Au Canada, en 2020, aucune mine souterraine de production de charbon n'était exploitée.

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 ont représenté environ 60 kt d'éq. CO₂ en 2021. La diminution des émissions aux années 2010 et 2015 représentait la reprise de la production d'une mine en Nouvelle-Écosse en 2014. L'augmentation par rapport aux 56 kt d'éq. CO₂ d'émissions déclarés en 2015 et aux 72 kt d'éq. CO₂ déclarés en 2016 découlait de la fermeture de deux mines souterraines anciennement actives au début de 2016. Reportez-vous au Tableau 3–10 pour plus de détails.

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 étaient uniquement accessibles pour une année lorsque la production de pointe des usines atteignait 100 kt. Si les valeurs de CE par défaut du GIEC sont utilisées égales aux 1,570 g de CO₂/kg et de 40,3 g de CH₄/kg tirées de *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC* (vol. 4, chap. 4.3.2.1, p.4.103), cette source produirait environ 260 kt d'éq. CO₂. Cette quantité est inférieure au seuil déclaré de 0,05 pour cent des émissions totales du Canada et inférieure à 500 kt d'éq. CO₂ conformément au paragraphe 37.b, de l'Annexe 1 de la décision 24/CP19, comme la mention clé « NE » est déclarée dans le tableau du CUPR 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 l'Annexe 3.2.

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 la disponibilité des données propres à une mine en particulier. Les émissions des mines souterraines et celles des mines à ciel ouvert, qui ont été séparées, englobent toutes deux les émissions attribuables aux activités post-extraction. L'Annexe 3.2 (Méthodologie pour les émissions fugitives résultant de production, de la transformation, du transport et de la distribution de 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 CH₄, de CO₂ 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 méthane (CH₄) 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 CH₄ 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'émission de CO₂ 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 aux 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 événements 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. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Extraction et manutention du charbon

L'estimation du degré d'incertitude des émissions fugitives de CH₄ des mines de charbon se situe 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 émissions de CH₄ provenant des mines de charbon font partie d'une catégorie clé et elles ont subi des contrôles de la qualité conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Au nombre des contrôles figure un examen des données sur les activités, de la cohérence des séries chronologiques, des coefficients d'émission, des documents de référence, des coefficients de conversion et de l'étiquetage des unités, de même que du calcul type des émissions. Les contrôles de la qualité n'ont révélé aucune erreur mathématique. Toutes les activités, données et méthodes ont été illustrées et archivées.

Les mines souterraines abandonnées ont aussi été soumises à des CQ, tel qu'il a été indiqué ci-dessus.

3.3.1.5. Recalculs

Extraction et manutention du charbon

Cette catégorie n'exige aucun recalcul.

Mines souterraines abandonnées

Cette catégorie n'exige aucun recalcul.

3.3.1.6. Améliorations prévues

Extraction et manutention du charbon

Aucune amélioration n'est prévue à l'heure actuelle.

Mines souterraines abandonnées

À l'heure actuelle, il n'y a aucune amélioration prévue.

3.3.2. Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)

3.3.2.1. Description de la catégorie de source

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/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.

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), de l'utilisation de gaz naturel pour produire de l'hydrogène, 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 la combustion de carburant dans les sources stationnaires. Les émissions attribuables à l'évacuation et au torchage sont divisées en trois types d'activités d'entretien : l'entretien non conventionnel (c.-à-d. la fracturation hydraulique), l'entretien conventionnel (p. ex., les réparations et les inspections des puits, les activités de cimentation) et les traitements de purge pour 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 terrain et les stations de prétransformation du gaz. 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/m³. Les émissions fugitives proviennent des puits, des conduites d'écoulement ou des stations de prétransformation (simples, satellites ou centrales). Les principales sources d'émissions sont l'évacuation des gaz dissous et les pertes par évaporation des installations de stockage.

Production de pétrole lourd : Le pétrole lourd a une densité supérieure à 900 kg/m³. 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 stations de prétransformation (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 stations de prétransformation 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 pour en éliminer la vapeur d'eau, les contaminants et les hydrocarbures condensables. Il existe quatre types différents d'installations de gaz naturel : 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 résiduels. 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 systèmes 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 défauts ponctuels des équipements dans tous les segments d'amont de l'industrie pétrolière et gazière (PGA) classique. Les principales sources d'émission sont 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 d'une zone gazière. Les émissions du gaz qui s'échappe à la surface sont estimées par les couches avoisinantes.

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 afin de 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 3-11 contient les estimations des émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés.

Tableau 3-11 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	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Puits de pétrole et de gaz abandonnés	150	180	230	290	360	460	480	500	520	540	540	540
Puits de pétrole abandonnés ^a	80	90	110	130	150	200	220	250	260	270	270	270
Puits de gaz abandonnés ^b	70	90	120	160	210	250	260	250	260	270	270	270
Notes :												
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.												
a. Inclus dans la catégorie 1.B.2.a du CUPR – Émissions fugitives découlant des combustibles – Pétrole et gaz naturel – Pétrole												
b. Inclus dans la catégorie 1.B.2.b du CUPR – Émissions fugitives découlant des combustibles – Pétrole et gaz naturel – Gaz naturel												

Bitume et sables bitumineux

Cette composante englobe les émissions des installations d'extraction de sables bitumineux à ciel ouvert et de valorisation du pétrole/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, la désulfuration des gaz de combustion (DGC), l'évacuation et torchage, les fuites lors du stockage et de la manutention, les fuites fugitives des équipements, et au CH₄ 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 de la production de produits pétroliers raffinés et la distribution du gaz naturel aux utilisateurs finaux, notamment les émissions fugitives au lieu de consommation final (émissions fugitives en aval du compteur). Les émissions déclarées s'inscrivent dans trois groupes principaux décrits ci-après :

Raffinage du pétrole : Les trois principales sources d'émissions fugitives provenant du raffinage sont : les procédés, les émissions accidentelles et le torchage. Les émissions de procédés sont attribuables à la production d'hydrogène ainsi qu'aux conduites d'évacuation. 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 des gaz combustibles (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 sous-terrain 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 sècheuses). 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 émissions estimatives 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 3-12 présente les émissions estimatives attribuables aux émissions fugitives en aval du compteur.

Tableau 3-12 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	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Émissions fugitives en aval du compteur^a	1 100	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 700	1 800	1 800	1 800	1 900	1 900
Appareils au gaz naturel des secteurs résidentiel et commercial	900	1 000	1 100	1 200	1 400	1 400	1 500	1 500	1 500	1 500	1 600	1 600
Véhicules alimentés au gaz naturel	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Centrales électriques et installations industrielles utilisant le gaz naturel	200	270	290	240	250	280	280	270	290	300	290	310
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 du CUPR : Émissions fugitives attribuables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel – Gaz naturel.												

3.3.2.2. Questions de méthodologie

Pétrole et gaz en amont

Les émissions fugitives de l'industrie PGA sont estimées à l'aide de diverses méthodes selon la source d'émissions et l'accessibilité des données dans la province ou le territoire.

Estimation directe : Dans la mesure du possible, les estimations des émissions ont utilisé des données volumétriques déclarées par des installations et des données détaillées sur la composition des gaz. Cela s'applique aux émissions associées à l'évacuation et au torchage et déclarées par l'Alberta et la Saskatchewan, 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 de l'Annexe 3) et les émissions de purge des tubages de surface de l'Alberta et de la Colombie-Britannique (se reporter à la section A3.2.2.1.4 de l'Annexe 3).

Modélisation : Lorsque les données déclarées par une installation ne sont pas accessibles, pour estimer les émissions, les experts utilisent le dénombrement annuel des installations, le nombre moyen de composants par installation, les CE au niveau des composants et les données sur la composition des gaz. Cela s'applique aux émissions provenant des dispositifs pneumatiques, des joints d'étanchéité des 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 de 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 approche 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. Pour obtenir une description complète des émissions fugitives du secteur PGA modélisées, se reporter à la section A3.2.2.1.3 de l'Annexe 3.

Interpolation/extrapolation : Des études d'inventaire détaillées pour les années 2000, 2005 et 2011 jettent les bases pour interpoler ou extrapoler les émissions pour les années ne comportant pas de données d'inventaire détaillées en fonction de changements dans diverses données sur les activités. Cela s'applique à toutes les autres sources d'émissions fugitives et les provinces et les territoires qui ne sont pas mentionnés ci-dessus.

Pour les émissions fugitives interpolées ou extrapolées pour le secteur de l'Industrie amont du pétrole et du gaz classique, des renseignements sont utilisés de deux études distinctes qui respectent la même méthodologie : une étude, réalisée par l'ACPP et intitulée *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (CAPP, 2005) et 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 CO₂ 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 estimées selon la méthode de Niveau 2 du GIEC. Les coefficients d'émission du CH₄ sont principalement 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 et en Ontario (Bowman et al., 2022; El Hachem et Kang, 2022; Williams et al., 2020). Dans les autres provinces et les territoires, les coefficients d'émission généraux pour le Canada sont tirés de l'étude de Williams (Williams et al., 2020). 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

Les émissions fugitives attribuables au transport du gaz naturel pour la période 1990–1996 proviennent de l'étude intitulée *CH₄ 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 de fuite établis à l'aide des résultats de l'étude originale. Pour l'an 2000 et au-delà, 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 2012–2014, selon une approche de Niveau 3 du GIEC. Les émissions pour 2015–2021 sont dérivées en fonction de la longueur des gazoducs et de la quantité de gaz mis en stockage ou retiré du stockage. L'Annexe 3 présente une description complète de la méthodologie.

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 H₂S 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, 2017), 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, 2017) est la source des estimations des émissions fugitives pour la période 2004–2020. 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 rapports annuels de l'usine de valorisation de Lloydminster (Cenovus, 2022; Husky, 1998-2019). L'Annexe 3 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 Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES). Se reporter à l'Annexe 3 pour obtenir plus de détails.

L'installation de valorisation de Scotford exploitée par Shell Canada Energy a commencé à capturer les émissions de CO₂ émises par son usine de production d'hydrogène en 2015. Les estimations des émissions de CO₂ résultant de l'évacuation pour cette installation ne comprennent pas le CO₂ capté qui a été transporté et injecté dans un site de stockage.

Production aval de pétrole et de gaz

Pour calculer les émissions fugitives des raffineries, il faut utiliser les 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, de torchage et d'évacuation pour les années 1991 à 1993 et de 2003 et par la suite 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 que l'on trouve dans le BDEE (Statistique Canada, 1990–). L'annexe fournit une description détaillée de la méthodologie utilisée pour estimer les émissions entre 1991 et 1993 et à partir de 2003.

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 des 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 émissions estimatives 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. Le CEPEI a fourni les données sur les émissions pour les périodes 2000–2004, 2006–2010 et 2012–2014, selon une méthode de Niveau 3 du GIEC. Les émissions pour 2015–2021 sont estimées en fonction de la longueur des gazoducs. L'Annexe 3.2 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 émissions estimatives 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 Ressources naturelles Canada (2022) pour les années 2000 à 2019, par province ou territoire. Pour les années 1990 à 1999 et 2020 et 2021, 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 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 Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (Statistique Canada, 1990–) 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 pour des précisions.

3.3.2.3. 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 2021 est de -4,1 % à +7,5 %. Le Tableau 3-13 énumère les degrés d'incertitude pour certaines catégories associées au pétrole et au gaz. Le degré d'incertitude le plus élevé est associé aux accidents et aux défaillances du matériel et aux puits de pétrole et de gaz abandonnés, tandis que la production et le transport du pétrole sont associés au degré d'incertitude le plus faible.

Les degrés d'incertitude ont été établis au moyen de la méthode d'incertitude de Niveau 1 qui figure dans les Recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Selon le guide, il y a 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.

Bitume et sables bitumineux

Le degré d'incertitude global des estimations des émissions fugitives attribuables au bitume et aux sables bitumineux en 2021 a été de -19,1 % à +20,0 %. 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, 2017). Le Tableau 3-13 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 2003-2012 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 CO₂ 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 $\pm 8,3$ %. 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 3-14 présente les résultats des analyses d'incertitude.

Tableau 3-13 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	$\pm 9,1$	-5,6 à +8,2	-5,2 à +5,3	-3,6 à +4,6
Extraction des sables bitumineux et valorisation du bitume et du pétrole lourd	-23,8 à +23,9	-29,2 à +35,1	-29,4 à +30,0	-19,1 à +20,0
Production de gaz naturel et traitement	-4,5 à +4,7	-1,6 à +2,4	-8,0 à +24,8	-4,8 à +14,8
Transport, stockage et distribution du gaz naturel	-15,3 à +19,8	-25,4 à +26,8	-19,9 à +22,3	-18,8 à +19,9
Accidents et défaillances d'équipements	—	$\pm 59,6$	—	$\pm 59,6$
Forage, entretien et essais de puits	-19,8 à +16,7	-23,0 à +25,6	-18,0 à +35,9	-17,1 à +14,9
Puits de pétrole et de gaz abandonnés	—	-40,9 à +60,9	—	-40,9 à +60,9
Émissions fugitives en aval du compteur	—	$\pm 29,0$	—	$\pm 29,0$

Tableau 3-14 Degré d'incertitude des émissions fugitives attribuables au raffinage du pétrole

	Incertainité (%)			
	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	$\pm 8,3$	$\pm 4,3$	$\pm 8,3$	$\pm 8,3$
Niveau 2	± 14	± 5	± 14	± 14

3.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de la qualité réalisés pour toutes les méthodes utilisées pour estimer les émissions fugitives de pétrole et de gaz étaient conformes aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les contrôles de qualité comprenaient un examen des modèles d'estimation, des données sur les activités, des coefficients d'émission, de la cohérence des séries chronologiques, de l'exactitude de la transcription, des documents de référence, de coefficients de conversion et de l'étiquetage des unités, ainsi que des calculs types des émissions.

Pour assurer l'exactitude des résultats, les études de l'ACPP et sur le 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. De plus, 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 des 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.

3.3.2.5. Recalculs

Il existe des émissions fugitives révisées attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz naturel pour la période 1990–2020 en raison de changements aux données sur les activités et aux méthodes. Se reporter au Tableau 3–2 pour un résumé des recalculs.

Les améliorations suivantes ont mené à de recalculs pour les estimations des émissions fugitives imputables à l'industrie du pétrole et du gaz naturel :

- **Pétrole** : Les divers changements ont entraîné de recalculs des émissions fugitives (à l'exception de l'évacuation et du torchage) des réseaux de pétrole brut. Les émissions fugitives révisées ont diminué de 1990 à 2019 et augmenté en 2020, les changements allant de -1,4 Mt d'éq. CO₂ en 1997 à +0,32 Mt d'éq. CO₂ en 2020.
- **Fuites fugitives provenant de l'équipement** : Des mises à jour ont été apportées à plusieurs paramètres clés utilisés dans le MEF. Voir la section A3.2.2.1.3 de l'Annexe 3 pour une description complète du MEF. Des révisions ont été apportées aux nombres estimatifs de puits et d'installations actuels, ce qui a également permis d'inclure les données sur la composition régionale des gaz pour la Saskatchewan (SKMER, 2021). Les paramètres du modèle qui prennent en compte les activités de détection et de réparation des fuites (DERF) ont été mis à jour pour tenir compte de l'application réelle des pratiques de DERF en Alberta (AEP, 2022). Ensemble, les modifications apportées aux émissions fugitives estimatives attribuables aux fuites des équipements ont entraîné des diminutions des émissions pour les années 1990 à 2019, variant de -0,36 Mt d'éq. CO₂ pour 2015 à -1,4 Mt d'éq. CO₂ pour 1997, et une augmentation des émissions de +0,20 Mt d'éq. CO₂ pour 2020.
- **Puits de pétrole abandonnés** : La méthodologie mise à jour qui est utilisée pour estimer les émissions de CH₄ attribuables aux puits de pétrole abandonnés comprend les coefficients d'émission propres au Canada et a amélioré le nombre estimatif des puits établi par année. Les coefficients d'émission du CH₄ ont été mis à jour avec les données d'études récentes découlant de mesures directes aux puits de pétrole abandonnés au Canada (Williams et al., 2020; Bowman et al., 2022). Voir la section A3.2.2.6 de l'Annexe 3 pour une description complète de la nouvelle méthodologie. Ces changements ont entraîné des augmentations des émissions attribuables aux puits de pétrole abandonnés chaque année de la série chronologique, allant de +51 kt d'éq. CO₂ en 1992 et de +118 kt d'éq. CO₂ en 2017.

- **Évacuation de gaz par les tubages de surface** : Des révisions ont été apportées en raison de rectifications et des mises à jour légères aux données déclarées sur l'évacuation de gaz par les tubages de surface pour l'Alberta et la Colombie-Britannique. Ces modifications ont entraîné des diminutions des émissions pour les années 1990, 1991, 1995 et 1996 variant de -0,05 kt d'éq. CO₂ pour 1991 à -1,1 kt d'éq. CO₂ pour 1990. Les émissions ont augmenté pour toutes les autres années, de +0,10 kt d'éq. CO₂ pour 1997 au sommet de +15 kt d'éq. CO₂ pour 2020.
- **Raffinage du pétrole** : De légers recalculs ont été effectués pour toute la série chronologique, car une révision des émissions estimatives a eu lieu, entraînant des diminutions pour les années 1990, 1992, 1995, 1998 à 2002 et 2004 à 2020, dont la diminution la plus importante de -9,0 kt pour 2020, et des augmentations pour toutes les autres années, dont l'augmentation la plus importante de +0,1 kt d'éq. CO₂ pour 2009.
- **Gaz naturel** : Ce qui suit décrit les recalculs d'émissions fugitives (à l'exception de l'évacuation et de torchage) attribuables aux réseaux de gaz naturel. En général, les émissions fugitives de gaz naturel ont diminué de 2002 à 2011, et ont augmenté de 1990 à 2001 et de 2012 à 2020. Les changements variaient de -0,48 Mt d'éq. CO₂ en 2006 à +1,8 Mt d'éq. CO₂ en 2020.
 - **Fuites fugitives provenant de l'équipement** : Des mises à jour ont été apportées à plusieurs paramètres clés utilisés dans le MEF. Voir la section A3.2.2.1.3 de l'Annexe 3 pour une description complète de la méthodologie du MEF. Des révisions ont été effectuées aux nombres estimatifs des puits et des installations existantes, ce qui a également permis d'inclure les données sur la composition des gaz propre à chaque région pour la Saskatchewan (SKMER, 2021). Les paramètres du modèle qui prennent en compte les activités de détection et de réparation des fuites ont été mis à jour pour tenir compte de l'application réelle des pratiques de DERF en Alberta (AEP, 2022). Ensemble, les modifications apportées aux émissions fugitives estimatives attribuables aux fuites des équipements ont entraîné des diminutions des émissions pour les années 1990 à 2020, variant de -92 kt d'éq. CO₂ pour 2020 à la diminution la plus importante de -2,1 Mt d'éq. CO₂ en 2008.
 - **Émissions fugitives en aval du compteur** : La mise en œuvre de la nouvelle méthodologie pour calculer les émissions fugitives en aval du compteur a entraîné des révisions dans toute la série chronologique qui se sont traduites par des augmentations. Voir la section A3.2.2.7 de l'Annexe 3 pour une description complète de cette nouvelle méthodologie. L'ajout de cette nouvelle source d'émission a causé des augmentations des émissions variant de +1,1 Mt d'éq. CO₂ pour 1990 à +1,9 Mt d'éq. CO₂ pour 2020.
 - **Puits de gaz abandonnés** : Une méthodologie mise à jour pour estimer les émissions de CH₄ des puits de gaz abandonnés comprend les coefficients d'émission propres au Canada et le nombre estimatif amélioré des puits de gaz abandonnés chaque année. Les coefficients d'émission du CH₄ mis à jour ont été tirés d'études récentes provenant de mesures directes aux puits de gaz abandonnés au Canada (Williams et al., 2020; El Hachem et al., 2022). Voir la section A3.2.2.6 de l'Annexe 3 pour une description complète de la nouvelle méthodologie. Ces changements ont entraîné des augmentations des émissions attribuables aux puits de gaz abandonnés, pour chaque année de la série de la série chronologique, variant de +59 kt d'éq. CO₂ en 1991 à +0,18 Mt d'éq. CO₂ en 2016.
 - **Transport, distribution et stockage** : La mise à jour des données sur les longueurs de pipeline a entraîné des révisions pour les années 2015 à 2020, se traduisant par des diminutions variant de -4,0 kt d'éq. CO₂ en 2015 à -0,15 Mt d'éq. CO₂ en 2016.
 - **Évacuation de gaz par les tubages de surface** : Des révisions ont eu lieu à la suite de légères corrections et mises à jour des données déclarées sur l'évacuation de gaz par les tubages de surface pour l'Alberta et la Colombie-Britannique. Ces changements ont entraîné une diminution des émissions de 1990 à 2019 avec une variation maximale de -67 kt d'éq. CO₂ en 1998, et une augmentation de +0,2 kt d'éq. CO₂ en 2020.
 - **Déversements et ruptures de pipelines** : De légères mises à jour aux données sur les activités pour les années 2018 à 2020 ont entraîné des révisions variant de -0,8 kt d'éq. CO₂ en 2019 à +0,8 kt d'éq. CO₂ en 2018.
- **Torchage** : Ce qui suit décrit plusieurs changements dans les estimations des émissions dues au torchage. Les émissions dues au torchage ont augmenté au cours des années 1997 à 2003, en 2014 et en 2020 et ont diminué de 2004 à 2013 et de 2015 à 2019, avec des changements allant de -89 kt d'éq. CO₂ en 2018 à +0,20 Mt d'éq. CO₂ en 1998.
 - **Terre-Neuve-et-Labrador** : La méthodologie utilisée pour estimer les émissions produites par le torchage à Terre-Neuve-et-Labrador tient maintenant compte de nouvelles sources de données, comme il est décrit dans la section A3.2.2.1.2 de l'Annexe 3. Cette modification a entraîné des révisions pour les années 1997 à 2020, se traduisant par des augmentations pour les années 1997 à 2003 variant de +4,9 kt d'éq. CO₂ en 2001 à une valeur maximale de +0,20 Mt d'éq. CO₂ en 1998, et par des diminutions pour les années 2004 à 2020, variant de -7,2 kt d'éq. CO₂ en 2008 à une diminution maximale de -66 kt d'éq. CO₂ en 2018.

- **Alberta** : Les mises à jour apportées aux volumes déclarés de gaz torchés par les installations pétrolières et gazières en amont ont entraîné une révision se traduisant par une augmentation de +0,15 Mt d'éq. CO₂ en 2020.
- **Saskatchewan** : La prise en compte d'une nouvelle source de données a entraîné des mises à jour aux volumes déclarés de gaz torchés, comme il est décrit dans la section A3.2.2.1.2 de l'Annexe 3. Cette modification a entraîné des révisions pour les années 2013 à 2020, se traduisant par des augmentations en 2014, en 2017 et en 2020, et des diminutions les autres années. Les modifications variaient de -24 kt d'éq. CO₂ en 2019 à +59 kt d'éq. CO₂ en 2014.
- **Raffinage du pétrole** : Les recalculs ont entraîné des révisions des émissions se traduisant par des augmentations de +1,6 kt d'éq. CO₂ en 2019 et de +6,5 kt d'éq. CO₂ en 2020.
- **Évacuation** : Dans l'ensemble, les émissions produites par évacuation ont diminué de 1990 à 2019 et ont varié de -0,51 Mt d'éq. CO₂ en 1996 à -1,5 Mt d'éq. CO₂ en 2008. En 2020, les recalculs des émissions produites par évacuation ont augmenté de +3,5 Mt d'éq. CO₂.
 - **Évacuation déclarée** : En raison d'une incohérence méthodologique introduite aux volumes déclarés des émissions produites par évacuation par suite de modifications apportées aux lignes directrices provinciales pour la déclaration des émissions de gaz d'évacuation en 2020, la méthodologie pour calculer les émissions produites par évacuation en Alberta pour les années 2020 et suivantes a été mise à jour pour tenir compte des données sur les volumes de gaz d'évacuation du système de déclaration OneStop. Cette mise à jour a entraîné une révision se traduisant par une augmentation de +3,4 Mt en 2020. Pour une description complète de la méthodologie mise à jour, voir la section A3.2.2.1.5 de l'Annexe 3. D'autres mises à jour aux données sur les activités ont également entraîné des révisions se traduisant notamment par des diminutions pour les années 2016 à 2018 et 2020, et des augmentations pour les années 2013 à 2015 et 2019, variant de -0,16 Mt d'éq. CO₂ pour 2017 à +79 kt d'éq. CO₂ pour 2014.
- **Dispositifs pneumatiques et joints d'étanchéité des compresseurs** : Des mises à jour ont été apportées à plusieurs paramètres clés employés dans le MEF. Voir la section A3.2.2.1.3 de l'Annexe 3 pour une description complète de la méthodologie du MEF. Les nombres estimatifs des puits et des installations actuels ont été révisés et les données sur la composition des gaz par province ont été prises en compte pour la Saskatchewan. Ces modifications ont eu une incidence sur les émissions estimatives pour les pneumatiques et les joints d'étanchéité des compresseurs pour les années 1990 à 2020. Les émissions estimatives des joints d'étanchéité des compresseurs ont diminué pour toutes les années, les écarts variant de -78 kt d'éq. CO₂ en 2020 à -0,56 Mt d'éq. CO₂ en 2008. Les émissions provenant des dispositifs pneumatiques ont diminué de 1990 à 2019, les écarts variant de -0,38 Mt d'éq. CO₂ en 1998 à -0,95 Mt d'éq. CO₂ en 2008.
- **Formation de CO₂** : Les mises à jour apportées aux volumes des pertes de gaz acide dans les installations de traitement du gaz naturel en Colombie-Britannique ont entraîné de recalculs pour 2019 et 2020. Ces recalculs ont causé des augmentations des émissions estimatives de +0,10 Mt d'éq. CO₂ pour 2019 et de +0,16 Mt d'éq. CO₂ pour 2020.
- **Raffinage du pétrole** : Les recalculs ont entraîné des révisions se traduisant par des augmentations des émissions de +6,6 kt d'éq. CO₂ pour 2019 et de +27 kt d'éq. CO₂ pour 2020.

3.3.2.6. Améliorations prévues

Pétrole et gaz en amont

Divers éléments ont été déterminés pour améliorer l'exactitude des estimations des émissions fugitives de pétrole et de gaz, notamment :

- Les mesures des émissions atmosphériques de CH₄ de l'industrie pétrolière et gazière ont révélé un écart entre les émissions estimatives de l'inventaire ascendant et celles de l'inventaire descendant, grâce à des mesures prises par avion, par des tours fixes et par des véhicules. Des travaux sont en cours pour utiliser les mesures prises lors de récentes campagnes sur le terrain en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan à l'aide de la technologie de mesure LiDAR à basse altitude pour améliorer les estimations de l'inventaire.
- Analyser et prendre en compte les données brutes sur la composition des gaz, recueillies par la British Columbia Oil and Gas Commission (BCOGC), dans les estimations des émissions fugitives provenant des installations pétrolières et gazières en Colombie-Britannique.
- Intégrer des estimations des émissions de réservoir de stockage dans le MEF auparavant élaboré pour estimer les émissions provenant des dispositifs pneumatiques, des joints d'étanchéité des compresseurs et des fuites de l'équipement dans l'industrie du pétrole et du gaz.
- Prendre en compte les émissions estimatives dans le transport, la distribution et le stockage du gaz naturel reçues du CEPEI pour les années 2016 à 2021, comprenant les révisions apportées aux émissions de 1990 à 2015, au besoin.

3.4. Transport et stockage du CO₂ (catégorie 1.C du CUPR)

Le transport et le stockage du dioxyde de carbone impliquent le captage du CO₂ anthropique et son transport jusqu'à une installation de stockage ou des activités de récupération assistée des hydrocarbures. Le Tableau 3–15 résume les deux sources de CO₂ transportées au Canada. Le CO₂ importé de la Dakota Gasification Company dans le Dakota du Nord, aux États-Unis, et le CO₂ capté au pays à la centrale Boundary Dam de SaskPower, en Saskatchewan, à l'installation de valorisation du bitume de Scotford de Shell, en Alberta, et à l'usine d'engrais Agrium, en Alberta. Le Tableau 3–15 résume également l'élimination finale du CO₂ importé et capté au Canada, qu'il soit utilisé pour la RAH ou injecté dans le stockage à long terme. En 2021, les émissions de CO₂ provenant de trois pipelines actifs étaient d'environ 0,65 kt, une augmentation d'environ 0,56 kt depuis 2000, comme le montre le Tableau 3–16.

Il existe au Canada trois pipelines de transport du CO₂, dont deux sont associés à l'utilisation du dioxyde de carbone dans un processus de RAH. Il n'y a pas d'estimation des émissions attribuables au stockage, étant donné que le processus de RAH récupère l'ensemble du CO₂ à des fins de réutilisation. Toutes les émissions nettes issues de ces activités sont incluses dans l'inventaire du Canada, dans les catégories des Industries énergétiques (1.A.1) et du Pétrole et du gaz naturel et Autres émissions imputables à la production d'énergie (1.B.2).

Utilisation du CO₂ capté aux fins de récupération assistée des hydrocarbures (RAH)

Au Canada, le CO₂ capté aux États-Unis, à une centrale de production d'énergie à partir du charbon de la Saskatchewan et une usine d'engrais en Alberta durant la gazéification du charbon agit comme agent d'injection dans la RAH pour accroître le volume d'extraction de pétrole brut dans trois gisements de pétrole en voie d'épuisement. Le dioxyde de carbone utilisé comme agent d'injection dans la RAH agit comme un solvant et contribue à augmenter la pression à l'intérieur du réservoir, ce qui facilite l'extraction des hydrocarbures emprisonnés dans le sol. Le processus d'injection à haute pression a aussi pour effet d'emprisonner le CO₂ dans les espaces vides précédemment occupés par les molécules d'hydrocarbures. Dans le futur, une fois que le réservoir sera épuisé, celui-ci permettra le stockage géologique à long terme du CO₂.

Cette méthode a été employée pour la première fois en 2000 au site de Weyburn et en 2005 au champ de pétrole Midale pour allonger d'une trentaine d'années la durée de vie de ces réservoirs parvenus à maturité. Le dioxyde de carbone 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. À la fin de 2021, la centrale de Boundary Dam a capté environ 5,0 Mt de CO₂ aux fins d'expédition jusqu'au site de Weyburn (SaskPower, 2023). Ces injections à ce réservoir comprennent ce nouvel approvisionnement de CO₂ et le CO₂ récupéré au cours de cycles d'injection précédents. À l'heure actuelle, le taux d'injection de CO₂ dans les champs de Midale et de Weyburn est d'environ 2 Mt par année⁸. De 2000 à 2021, plus de 41 Mt de nouveaux CO₂ ont été injectés dans les sites de Weyburn et de Midale, achetés à l'usine de gazéification Dakota et à la centrale électrique de Boundary Dam de SaskPower.

Tableau 3–15 Quantités de CO₂ importées, captées et élimination finale

	Quantité de CO ₂ (kt)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Source de captage de CO₂												
Importé	I	I	1800	2000	2000	2200	1600	1700	1600	1800	1600	1700
Capté au pays	I	I	I	I	I	800	1900	1600	1700	1700	1800	2700
Élimination finale du CO₂												
Stockage géologique à long terme	I	I	I	I	I	400	1200	1200	1100	1200	1000	1100
Récupération assistée des hydrocarbures	I	I	1800	2000	2000	2600	2300	2200	2100	2300	2400	3300
Notes :												
Les chiffres ayant été arrondis, les quantités totales pour la source de captage et le devenir peuvent ne pas correspondre au total indiqué.												
I = Inexistant												

Tableau 3–16 Émissions de CO₂ provenant des systèmes de captage de carbone, de transport, d'utilisation et de stockage

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Transport et stockage (1.C)	I	I	0,09	0,09	0,09	0,22	0,27	0,27	0,28	0,28	0,49	0,65
Note :												
I = Inexistant												

⁸ Données sur l'injection de CO₂ à l'exploitation de Weyburn et Midale. Information fournie dans une présentation de F. Mourits sur un projet de surveillance et de stockage du CO₂ à Weyburn-Midale de l'AIE, Ressources naturelles Canada. Janvier 2010.

Weyburn est à la fois un site d'injection de CO₂ dans la RAH et le site d'un programme d'étude d'envergure du stockage géologique du CO₂ dirigé par l'Agence internationale de l'énergie — Programme de R-D sur les GES (AIE GES) avec le soutien de diverses entreprises, d'instituts de recherche et de gouvernements. 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 CO₂ de l'AIE GES, administré par le Petroleum Technology Research Centre (PTRC), indiquent qu'après que les activités de RAH sont terminées, plus de 98 % de CO₂ demeurera emprisonné dans le réservoir de Weyburn après 5 000 ans, avec seulement 0,14 % du restant rejeté dans l'atmosphère (Mourits, 2008). Pour un complément d'information sur ces résultats, visiter le site Web du PTRC.

Le projet de recherche de l'AIE à Weyburn-Midale, décrit sur le site Internet du PTRC, a été centré sur l'élaboration d'un manuel de pratiques exemplaires pour les futurs projets de stockage géologique du CO₂. Cette recherche a fait appel à des composants techniques et non techniques, dont le choix et la caractérisation du site, la stabilité des puits, la surveillance et la vérification, l'évaluation des risques, les aspects réglementaires, l'information et la sensibilisation du public et les politiques environnementales.

Certaines données associées au carbone capté ne peuvent être décomposées et complètement déclarées sous la catégorie 1.C. Ces émissions, notamment les émissions fugitives provenant de projets qui utilisent l'injection de CO₂ pour accroître la production de pétrole, figurent dans les sous-catégories 1.B.2.a.2 pétrole – production, 1.B.2.c.1.i évacuation – pétrole et 1.B.2.c.2.i torchage – pétrole dans le tableau du CUPR. Les répercussions nettes des émissions de GES attribuables aux activités de capture sont incluses dans l'inventaire du Canada, dans les catégories des Industries énergétiques (1.A.1), du Pétrole et du gaz naturel (1.B.2) et du Transport et stockage et du CO₂ (1.C).

3.4.1. Transport du CO₂ – pipelines (catégorie 1.C.1.a du CUPR)

Les pipelines transportent le dioxyde de carbone capté à la Great Plains Synfuels Plant de la Dakota Gasification Company, dans le Dakota du Nord, et à la centrale électrique de Boundary Dam de la SaskPower près d'Estevan (dont les activités de captage du CO₂ ont commencé en novembre 2014) jusqu'aux sites de RAH à Weyburn et Midale (Saskatchewan).

Un pipeline, qui fait partie du projet Quest de captage et de stockage du carbone de Shell Canada, transporte le CO₂ capté à l'installation de valorisation de Scotford, près d'Edmonton, en Alberta, vers un site de stockage géologique à long terme situé plus au nord.

Le pipeline principal de CO₂ de l'Alberta est entré en fonction en 2020 et transporte du CO₂ capté à l'usine d'engrais Agrium vers des sites de RAH dans le sud de l'Alberta.

3.4.1.1. Description de la catégorie de source

La source est constituée des émissions fugitives du réseau de pipelines utilisé pour transporter le CO₂ au site d'injection.

3.4.1.2. Questions de méthodologie

Les Lignes directrices 2006 du GIEC fournissent une méthode de Niveau 1 pour les émissions attribuables au transport par pipeline du CO₂. La longueur des pipelines, aussi bien entre la frontière Canada–États-Unis jusqu'aux installations de RAH de Whitecap Resources à Weyburn, qu'entre Boundary Dam et Weyburn, est 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 l'installation Agrium et le site de RAH connexe est d'environ 80 km. Les calculs des émissions font appel au coefficient d'émission moyen par défaut du GIEC, soit 0,0014 kt CO₂/km de pipeline/année.

3.4.1.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les estimations du degré d'incertitude sont les valeurs par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les méthodes de Niveau 1, soit de +200 % à -50 % (un facteur de ±2).

3.4.1.4. AQ/CQ et vérification

Les estimations ont été soumises à des CQ conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

3.4.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué.

3.4.1.6. Améliorations prévues

Les futures estimations des émissions comprendront de nouvelles installations de capture du CO₂ et de nouveaux pipelines de transport du CO₂, actuellement prévus ou en construction en Alberta, à mesure qu'ils seront mis en service, et qu'on déclarera leurs données au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) du Canada. L'inclusion accrue des données déclarées par installation se poursuivra après évaluation conformément 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, 2021).

3.5. Autres questions

3.5.1. Émissions de CO₂ attribuables aux biocarburants : biodiesel et éthanol

Conformément aux lignes directrices de la CCNUCC, un poste pour mémoire indique que le CO₂ attribuable aux biocombustibles produits de façon durable qui sert à produire de l'énergie, et les totaux du secteur de l'Énergie excluent ces émissions. Le secteur Attribution des terres, changements d'attribution des terres et foresterie (ATCATF) fait le suivi du CO₂ comme une perte de biomasse forestière. Le secteur de l'Énergie déclare les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables aux combustibles à base de biomasse dans les catégories voulues.

3.5.1.1. Carburant éthanol

Le Tableau 3–17 présente les quantités de carburant éthanol utilisées dans le secteur des transports. L'analyse des propriétés chimiques de l'éthanol a donné un pouvoir calorifique supérieur (PCS)⁹ de 29,67 kJ/g, une teneur en carbone de 52,14 % et une densité de 789,3 kg/m³ (ECCC, 2017b).

Selon StatCan, l'éthanol est inclus dans les données de consommation d'essence du BDEE. Le carburant éthanol est donc adopté et modélisé comme s'il était mélangé à l'essence totale pour la ou les régions. La quantité totale d'éthanol-carburant disponible par province a été attribuée à chaque mode (véhicules routiers, classe de technologie de véhicule et ensemble des véhicules hors route) selon le pourcentage de volume total d'essence. Au lieu d'élaborer des coefficients d'émission propres au CH₄ et au N₂O provenant de l'éthanol, le coefficient d'émission représentatif de l'essence a été appliqué selon le mode de transport et la classe de technologie. Les coefficients d'émission de CO₂ utilisés sont ceux qui reposent sur les caractéristiques chimiques réelles mentionnées plus haut et sur un taux d'oxydation de 100 %.

3.5.1.2. Carburant biodiesel

Le Tableau 3–18 présente les quantités de biodiesel utilisées comme carburant dans les transports. Une étude menée entre 2004 et 2005 (BioMer, 2005) fournissait les propriétés du biodiesel. Ces propriétés comprennent le PCS⁷ établi est de 35,18 TJ/ml, avec une teneur en carbone de 76,5 % et une densité de 882 kg/m³.

Les données du BDEE sur l'utilisation du biodiesel sont comprises dans son total pour le carburant diesel. Des travaux sont en cours pour améliorer la qualité et étendre la couverture, tout en permettant une meilleure désagrégation des données pour le biodiesel dans la collecte et la déclaration aux enquêtes mensuelles sur les carburants renouvelables de StatCan (se reporter à la section 3.2.4.6 pour plus de renseignements). Le biodiesel a été adopté et modélisé comme s'il était mélangé au carburant diesel à base de combustibles fossiles pour la ou les régions. La quantité totale de carburant disponible par province a été attribuée à chaque mode (véhicules routiers, classe de technologie de véhicule, véhicules hors route, transport ferroviaire et ensemble du transport maritime intérieur) selon le pourcentage de volume total de carburant diesel à base de combustibles fossiles. Au lieu d'élaborer des coefficients d'émission propres au CH₄ et au N₂O pour le biodiesel, le coefficient d'émission représentatif du carburant diesel à base de combustibles fossiles a été appliqué selon le mode de transport et la classe de technologie. Les coefficients d'émission de CO₂ utilisés sont ceux qui reposent sur les caractéristiques chimiques réelles mentionnées plus haut et sur un taux d'oxydation de 100 %.

Tableau 3–17 Éthanol utilisé pour le transport au Canada

Année	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Éthanol consommé (ML)	7	21	225	267	1 874	2 598	2 688	2 690	2 739	2 778	2 320	2 385

Tableau 3–18 Biodiesel utilisé pour le transport au Canada

Année	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Biodiesel consommé (ML)	I	I	I	I	290	619	705	859	904	897	800	859

Note :
I = Inexistant

9 *Pouvoir calorifique supérieur* et *pouvoir calorifique inférieur* sont des expressions techniques désignant la teneur en énergie d'un combustible donné, et diffèrent en fonction de la phase de l'eau contenue dans le combustible – liquide ou gazeuse, respectivement. *Pouvoir calorifique brut* est un synonyme de *pouvoir calorifique supérieur*, et *pouvoir calorifique net* est un synonyme de *pouvoir calorifique inférieur*.

PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DES PRODUITS (SECTEUR 2 DU CUPR)

4.1.	Aperçu	108
4.2.	Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)	110
4.3.	Production de chaux (catégorie 2.A.2 du CUPR)	112
4.4.	Utilisation de produits minéraux (catégories 2.A.3 et 2.A.4 du CUPR)	115
4.5.	Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)	119
4.6.	Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)	123
4.7.	Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)	127
4.8.	Production de carbonate de sodium (catégorie 2.B.7 du CUPR)	128
4.9.	Production de carbure, production de dioxyde de titane, production pétrochimique et de noir de carbone, production fluorochimique et autres utilisations de l'urée (catégories 2.B.5, 2.B.6, 2.B.8, 2.B.9.a et 2.B.10 du CUPR)	129
4.10.	Production sidérurgique (catégorie 2.C.1 du CUPR)	139
4.11.	Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)	142
4.12.	Production de magnésium (catégorie 2.C.4 du CUPR)	144
4.13.	Production de plomb et de zinc (catégories 2.C.5 et 2.C.6 du CUPR)	146
4.14.	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant et utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (catégorie 2.D.3 du CUPR)	146
4.15.	Industrie électronique (catégories 2.E.1 et 2.E.5 du CUPR)	149
4.16.	Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR, HFC)	154
4.17.	Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR, PFC)	158
4.18.	Fabrication et utilisation d'autres produits (secteur 2.G du CUPR)	161

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 la couche d'ozone (SAO); ainsi que les produits non énergétiques provenant de l'utilisation de combustibles et 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 la consommation 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). 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 52 Mt dans l'inventaire national des GES de 2021 (Tableau 4-1), comparativement à 56,5 Mt en 2005. Les émissions du secteur des PIUP représentaient 7,7 % du total canadien des émissions de GES en 2021. Le chapitre 2 traite en détail des facteurs contribuant aux tendances à long terme et à court terme dans ce secteur.

Conformément au principe d'amélioration continue et en réponse aux commentaires émis par les experts de l'équipe d'examen (EEE) concernant les rapports antérieurs, le présent rapport tient compte des améliorations/révisions aux données sur les activités, coefficients d'émission et/ou méthodes. Les répercussions des améliorations/révisions sur les estimations sont décrites en détail aux sections « Recalculs par catégorie » du présent chapitre et résumées dans le Tableau 4-2.

Catégorie de gaz à effet de serre	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)										
	1990	1995	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DE PRODUITS	57 000	58 400	56 500	50 600	53 400	54 200	52 400	53 900	52 900	50 400	51 900
Produits minéraux	8 490	9 190	10 280	7 830	8 000	7 880	8 610	8 700	8 850	8 210	9 000
Production de ciment	5 820	6 530	7 610	6 010	6 180	6 110	6 860	6 990	7 200	6 710	7 380
Production de chaux	1 800	1 900	1 750	1 410	1 410	1 380	1 420	1 390	1 340	1 190	1 310
Utilisation des produits minéraux	860	750	910	410	410	390	330	320	310	300	310
Industrie chimique	17 530	18 480	10 370	5 760	6 730	6 830	6 340	6 410	6 230	5 940	5 750
Production d'ammoniac	2 740	2 920	2 700	2 470	2 920	2 850	2 620	2 420	2 500	2 290	2 540
Production d'acide nitrique	970	960	1 200	480	230	260	250	270	250	190	220
Production d'acide adipique	10 300	10 310	2 550	-	-	-	-	-	-	-	-
Production pétrochimique et de noir de carbone (inclus la production de carbure)	3 510	4 290	3 920	2 810	3 590	3 720	3 470	3 720	3 480	3 460	2 990
Production de métaux	23 770	23 490	20 230	16 030	14 430	15 350	14 600	14 540	13 930	13 120	13 950
Production sidérurgique	10 480	11 470	10 310	8 980	8 470	9 220	8 450	8 880	8 330	7 110	7 960
Production d'aluminium	10 330	10 010	8 680	6 870	5 720	5 990	6 010	5 510	5 310	5 920	5 850
SF ₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium	2 960	2 010	1 230	180	240	140	140	150	300	100	140
Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃	980	500	5 120	7 740	11 080	11 350	11 140	12 190	12 150	11 970	11 490
Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant	5 830	6 340	9 970	12 790	12 640	12 230	11 120	11 320	11 050	10 390	11 040
Fabrication et utilisation d'autres produits	370	390	540	430	540	600	630	700	670	720	720

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

Catégories de gaz à effet de serre	Émissions de GES ou variations des émissions (Mt d'éq. CO ₂), certaines années										
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET UTILISATION DE PRODUITS											
Rapport actuel (2023)	57,0	58,4	54,0	56,5	50,6	53,4	54,2	52,4	53,9	52,9	50,4
Rapport précédent (2022)	57,0	58,4	54,1	56,6	50,7	53,5	54,5	52,7	53,9	53,5	50,3
Variation nette des émissions	+0,0	-0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,2	-0,0	-0,6	+0,0
Produits minéraux											
Rapport actuel (2023)	8,5	9,2	10,1	10,3	7,8	8,0	7,9	8,6	8,7	8,8	8,2
Rapport précédent (2022)	8,5	9,2	10,1	10,3	7,8	8,0	7,9	8,6	8,6	8,8	8,1
Variation nette des émissions	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	+0,0	+0,1	+0,1	+0,1
Industrie chimique											
Rapport actuel (2023)	17,5	18,5	8,7	10,4	5,8	6,7	6,8	6,3	6,4	6,2	5,9
Rapport précédent (2022)	17,5	18,5	8,8	10,4	5,8	6,8	7,0	6,4	6,8	6,7	6,6
Variation nette des émissions	-0,0	-0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6
Production de métaux											
Rapport actuel (2023)	23,8	23,5	23,4	20,2	16,0	14,4	15,3	14,6	14,5	13,9	13,1
Rapport précédent (2022)	23,8	23,5	23,4	20,2	16,0	14,4	15,3	14,6	14,5	13,9	13,0
Variation nette des émissions	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0	+0,0	-0,0	-0,0	+0,1	+0,1
Production et consommation d'halocarbures, de SF₆ et de NF₃											
Rapport actuel (2023)	1,0	0,5	2,8	5,1	7,7	11,1	11,3	11,1	12,2	12,2	12,0
Rapport précédent (2022)	1,0	0,5	2,8	5,1	7,7	11,1	11,4	11,2	12,2	12,2	12,0
Variation nette des émissions	-0,0	+0,0	-0,0	-0,0	+0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0
Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants											
Rapport actuel (2023)	5,8	6,3	8,5	10,0	12,8	12,6	12,2	11,1	11,3	11,0	10,4
Rapport précédent (2022)	5,8	6,3	8,5	10,0	12,8	12,7	12,3	11,3	11,0	11,3	9,9
Variation nette des émissions	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,1	-0,2	+0,3	-0,2	+0,5
Fabrication et utilisation d'autres produits											
Rapport actuel (2023)	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Rapport précédent (2022)	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Variation nette des émissions	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0

Note: Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

4.2. Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)

4.2.1. 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 (CO₂) 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, on compte 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-Britannique¹. La capacité totale de production de clinker au Canada est d'environ 18 Mt/an.

En 2021, les émissions de la catégorie de Production de ciment s'élevaient à 7380 kt, soit 1,1 % des émissions totales du Canada, ce qui représente une diminution d'environ 3 % depuis 2005.

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.

4.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CO₂ 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 de 2017 à 2021, les émissions estimatives de CO₂ 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, 2022). Les émissions de CO₂ 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

$$\text{Émissions CO}_2 = CE_{cl} \times M_{cl} \times FC_{pfc} + CE_{cot} \times M_{cl}$$

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

$$E_{CO_2} = \sum_m^{12} [Q_{CLI_m} \times CE_{CLI_m}] + \sum_q^4 [Q_{PFC_q} \times CF_{PFC_q}] + [TCO_{MP} \times MP \times 3,664]$$

E_{CO_2}	=	la quantité annuelle totale d'émissions de CO ₂ provenant de la production de ciment (tonnes)
Q_{CLI_m}	=	la quantité totale de clinker au mois « m » (tonnes)
CE_{CLI_m}	=	le coefficient d'émission propre à l'usine du clinker au mois « m » (tonnes CO ₂ /tonnes clinker)
Q_{PFC_q}	=	la quantité totale de poussière des fours à ciment non retournée au four au trimestre « q » (tonnes)
CE_{PFC_q}	=	le 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}	=	la teneur annuelle en carbone organique mesurée dans les matières premières ou à l'aide de la valeur par défaut, 0,002 (0,2 %)
MP	=	la quantité annuelle totale de matières premières consommées (tonnes)
$3,664$	=	le rapport du poids moléculaire du CO ₂ sur celui du C

¹ Ressources naturelles Canada, communication personnelle sur le sous-secteur des minéraux au Canada.

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 à 2021 (ECCC, 2022). Ces mêmes quantités ont été estimées pour le reste des années de déclaration (1991–1999, 2001, 2015–2016). L'ACC reçoit des données par installation de ses entreprises membres, compilées conformément à la méthode de quantification « CO₂ 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 CO₂ des procédés de calcination des matières brutes. 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 brutes 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 au Canada².

Aux fins du présent inventaire, les émissions estimatives pour les années 2017 à 2020 ont été corrigées pour que les émissions de CO₂ provenant de la PFC qui n'est pas retournée au four soient ajoutées aux émissions estimatives plutôt que d'en être soustraites. La méthode de niveau 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour la Production de ciment procède par la somme des émissions de CO₂ de tous les carbonates consommés dans le four et des émissions de CO₂ provenant de l'oxydation du carbone organique dans les matières premières, et la soustraction des émissions de CO₂ provenant du carbonate non calciné présent dans la PFC qui n'est pas retournée au four.

Par contre, l'Équation 4–2 fait la somme des émissions de CO₂ provenant de la production de clinker, des émissions de CO₂ provenant de la PFC et des émissions de CO₂ provenant de l'oxydation du carbone organique présent dans les matières premières. Les émissions de CO₂ provenant de la PFC sont calculées à l'aide des coefficients d'émission propres à chaque usine de la PFC non retournée au four, au moyen de l'Équation 4–3. À la différence de la méthode de niveau 3 du GIEC, cette méthode ne demande pas de soustraire les émissions de CO₂ 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}	=	Le 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}	=	La teneur en calcium total (exprimée en CaO) de la PFC non retournée au four, au trimestre « q » (tonnes de CaO / tonne de PFC)
$fCaO_q$	=	La 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}	=	La teneur totale en magnésium (exprimée en MgO) de la PFC non retournée au four, au trimestre « q » (tonnes de MgO / tonne de PFC)
$fMgO_q$	=	La 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	=	Le rapport du poids moléculaire du CO ₂ sur celui du CaO
1,092	=	Le rapport du poids moléculaire du CO ₂ sur celui du MgO

Le coefficient d'émission de CO₂ 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 2017 à 2021. 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 d'après les valeurs estimatives des émissions nationales fondées sur 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 personnelles³. 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

2 [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada / Programme de déclaration des gaz à effet de serre. 2022. [Consulté le 23 janvier 2023]. En ligne à l'adresse : <http://publications.gc.ca/site/fra/9.866468/publication.html>

3 Panagapko D. 2008–2014. Communications personnelles (courriels à EC, dernier courriel reçu le 16 septembre 2014).

capacité de production de clinker au moyen de communications personnelles⁴. Pour la période de 2017 à 2021, 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.

4.2.3. 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. On a calculé que l'incertitude de niveau 1 associée à l'estimation des émissions de CO₂ pour la production de clinker était de plus ou moins 13,8 % pour 1990 à 2016 et de $\pm 8,5$ % pour 2017 à 2021. 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 4.2.2.

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 les années 2017 à 2021, 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 la technique modifiée d'épissage moyen a été retenue comme étant la plus appropriée. Avec cette méthode, les moyennes des CE_{cl}, CE_{cot}, et FC_{pfc} annuels pour 2015 et 2016 ont été calculées d'après les valeurs de 2014 fournies par l'ACC et celles de 2017 des données déclarées par installation du PDGES. Nous avons choisi cette technique modifiée d'épissage moyen parce que les CE_{cl}, CE_{cot} et FC_{pfc} propres au pays ont été mis à jour la dernière fois en 2014 par l'ACC et que les CE_{cl}, CE_{cot} et FC_{pfc} calculés à partir des données 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, nous avons 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, nous avons utilisé la moyenne de ceux de 2000 et de 2002.

4.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Cette catégorie clé du secteur des PIUP a fait l'objet de contrôles de qualité (CQ) de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences d'assurance de la qualité (AQ)/CQ énoncées dans le volume 1, chapitre 6 (GIEC, 2006).

4.2.5. Recalculs par catégorie

Les recalculs pour cette catégorie comprennent les mises à jour des données déclarées par installation du PDGES pour 2018, et la méthode de calcul de niveau 3 adaptée pour ajouter les émissions de CO₂ de la PFC non retournée au four dans le calcul des émissions de CO₂ provenant de la Production de ciment. Les émissions des recalculs pour 2017 à 2020 variaient de 36 à 88 kt d'éq. CO₂.

4.2.6. Améliorations prévues par catégorie

Il n'y a actuellement aucune amélioration prévue pour cette catégorie.

4.3. Production de chaux (catégorie 2.A.2 du CUPR)

4.3.1. 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 4–3 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.

4 Sunstrum J. 2020. Communications personnelles (courriels à ECCC, dernier courriel reçu le 9 juillet 2020).

La catégorie de la Production de chaux représentait 1310 kt (0,2 %) des émissions totales du Canada en 2021, une baisse de 25 % depuis 2005.

Les émissions découlant de la régénération de chaux à partir de liqueurs résiduelles des usines de pâtes à papier ne sont pas comptabilisées dans le secteur des PIUP. Les émissions de CO₂ 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 Autres utilisations de calcaire et de dolomite (section 4.4).

4.3.2. Questions de méthodologie

On a utilisé une méthode de niveau 2 (Équation 4–4) pour estimer les émissions de CO₂ provenant de la catégorie de la production de chaux pour 1990 à 2016, aux endroits où 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 élaborés à l'aide de l'information sur la composition de la chaux au Canada recueillie par le Canadian Lime Institute⁵ et des moyennes annuelles de toutes les installations de production de chaux au Canada ayant déclaré leurs émissions au PDGES entre 2017 et 2021, qui 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 usines de chaux ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 1990–2006)⁶ 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 personnelles⁷. Pour les années 2017 à 2021, les émissions de CO₂ provenaient directement des émissions de CO₂ déclarées par les installations de production de chaux au Canada au PDGES (ECCC, 2022). Les émissions de CO₂ déclarées par les installations de production de chaux au PDGES ont été calculées à l'aide d'une méthode de niveau 3 modifiée (GIEC, 2006), conformément à la section 3 des Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre au Canada / Programme de déclaration des gaz à effet de serre⁸.

Équation 4–4

$$Émissions_{CO_2} = \sum_i (Q_i \times CE_i) \times FC_{PFC} \times FC_{hydroxyde}$$

<i>Q_i</i>	=	Donnée de production de chaux <i>i</i> , kt de chaux <i>i</i>
<i>CE_i</i>	=	Coefficient d'émission pour le type de chaux <i>i</i> produite au Canada, kt CO ₂ / kt de chaux <i>i</i>
<i>FC_{PFC}</i>	=	Facteur de correction qui corrige la perte de poussière de four à chaux, fraction
<i>FC_{hydroxyde}</i>	=	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 à la fois chaux dolomitique et chaux à forte teneur en calcium. En l'absence de données ventilées 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 à la fois de la chaux à forte teneur en calcium et de la chaux dolomitique. Le Tableau 4–3 présente la ventilation entre la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada. On a calculé les émissions nationales de CO₂ pour 1990 à 2016 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 %⁹. On déduit la teneur en eau de l'hydroxyde de calcium de la production nationale de chaux 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.

5 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.

6 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).

7 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

8 [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre au Canada / Programme de déclaration des gaz à effet de serre. 2022. [Consulté le 23 janvier 2023]. En ligne à l'adresse : <https://publications.gc.ca/site/fra/9.867391/publication.html>.

9 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.

Le facteur de correction pour la poussière de four à chaux a été élaboré à partir des moyennes annuelles de toutes les installations de production de chaux au Canada déclarées au PDGES pour 2017–2021 et est appliqué pour 1990–2016.

Les valeurs estimatives des émissions provinciales de CO₂ sont réparties à partir des valeurs estimatives des émissions nationales, en fonction de la capacité de calcination 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 personnelles¹⁰. 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 personnelles¹¹. Pour les années 2017 à 2021, les valeurs estimatives des émissions par province et territoire reposent sur les émissions déclarées au PDGES par installations de production de chaux de chaque province et territoire.

La baisse de la proportion de chaux dolomitique en 1999 et en 2000 résulte de changements d'ordre opérationnel apportés dans deux usines ontariennes au cours de cette période. Premièrement, Guelph DoLime Limited, qui produisait seulement de la chaux dolomitique jusqu'en 1999, a cessé ses activités en 2000. Deuxièmement, la carrière Lafarge Canada à Dundas est passée d'une production de chaux dolomitique seulement à une production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium en 1999–2000¹². La baisse légère de la proportion de la 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.

Tableau 4–3 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
1990–1992	14 %	86 %
1993–1999	16 %	84 %
2000–2002	8 %	92 %
2003–2008	9 %	91 %
2009–2010	7 %	93 %
2011–2016	8 %	92 %

4.3.3. 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 la méthode de niveau 3 modifiée. La valeur de l'incertitude calculée par la méthode de niveau 1 associée aux valeurs estimatives des émissions de CO₂ pour la Production de chaux a été de $\pm 33,2$ % pour les années 1990 à 2016 et de $\pm 6,7$ % pour les années 2017 à 2021. 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 à 2021, nous avons évalué des techniques d'épissage provenant de la section 5.3.3 du chapitre 5, volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2006) et avons choisi la technique modifiée d'épissage moyen comme étant la plus appropriée. Selon cette méthode, le 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 les valeurs de 2017 à 2021 calculées à partir des données déclarées par installation du PDGES. Nous avons choisi cette technique modifiée d'épissage moyen 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 2021 étaient comparables aux CE_{dol} et aux CE_{h-c} fournis par le Canadian Lime Institute en 2008. Nous avons 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 aux données récoltées par Ressources naturelles Canada, comme décrites à la section 4.3.2.

10 Panagapko D. 2013. Communication personnelle (courriel à M. Edalatmanesh, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 6 novembre 2013).

11 Sunstrum J. 2020. Communications personnelles (courriels à ECCC; dernier courriel le 9 juillet 2020).

12 Panagapko, D. 2013. Communication personnelle (courriel à M. Edalatmanesh, Environnement Canada, daté du 6 novembre 2013).

4.3.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La catégorie de la production de chaux a fait l'objet de contrôles de la qualité informels tout au long du processus d'estimation des émissions.

4.3.5. Recalculs par catégorie

Les recalculs pour cette catégorie comprennent les mises à jour du facteur de correction, CE_{dol} et CE_{h-c} , qui corrige la perte de poussière de four à chaux pour les années 1990 à 2016 et celles des données mises à jour de production pour 2018. Les émissions des recalculs variaient de -2 kt CO₂ à -1 kt CO₂ pour les années 1990 à 2016 et de +0,2 kt pour 2018.

4.3.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.4. Utilisation de produits minéraux (catégories 2.A.3 et 2.A.4 du CUPR)

4.4.1. 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 du CUPR), Production de céramique (catégorie 2.A.4.a du CUPR), Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b du CUPR), Production de magnésie non métallurgique (c.-à-d. utilisation de magnésite) (catégorie 2.A.4.c du CUPR) et Autres utilisations de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d du CUPR).

En 2021, cette catégorie regroupée produisait 308 kt (ou 0,05 %) des émissions totales de GES au Canada et avait enregistré une baisse d'environ 67 % du total de ses émissions depuis 2005. La Production de magnésie non métallurgique représentait 38 % des émissions du sous-secteur de l'Utilisation de produits minéraux, tandis que les émissions des catégories Autres utilisations de calcaire et de dolomite, Autres utilisations de carbonate de sodium et Production de verre contribuaient aux émissions à hauteur de 33 %, de 15 % et de 14 %, respectivement.

Production de verre (catégorie 2.A.3 du CUPR)

Cette catégorie comprend les émissions de CO₂ 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 CO₂ dans la production de verre.

Production de céramique (catégorie 2.A.4.a du CUPR)

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 CO₂ issues des procédés.

Pour évaluer l'importance des émissions de CO₂ provenant de la Production de céramique, les émissions ont été estimées pour 2005 à 2007 et pour 2011 à 2021. Pour 2005 à 2007, les quantités annuelles totales d'argile utilisées pour la céramique à l'échelle nationale ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 1990–2008). Nous avons eu recours à l'équation 2.14 de la section 2.5.1.1, du chapitre 2, volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour évaluer les émissions pour ces années. Une teneur en carbone par défaut de 10 % a été appliquée à la quantité annuelle d'argile afin de déterminer la masse de carbonate consommé (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 CO₂. Pour les années 2011 à 2021, les estimations des émissions issues des procédés industriels ont été obtenues auprès des principaux fabricants de produits d'argile structurale au moyen du PDGES. Les émissions estimatives pour les années 2005 à 2007 variaient de 45 kt CO₂ en 2006 à 54 kt CO₂ en 2007 et pour les années 2011 à 2021, variaient de 23 kt CO₂ en 2014 à 52 kt CO₂ en 2017, valeurs qui représentaient moins de 0,05 % des émissions totales de GES au Canada et ne dépassaient pas 500 kt d'éq. CO₂. Par la suite, les émissions de CO₂ provenant de la Production de céramique sont jugées « négligeables » au titre du paragraphe 37b) des Directives FCCC révisées pour la notification des inventaires annuels des Parties visées à l'annexe 1 de la Convention. Comme pour le rapport d'inventaire de 2020, les émissions sont déclarées dans le logiciel CRF Reporter avec la mention « NE » (non estimées) assortie d'une explication, conformément à la recommandation de l'EEE.

Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b du CUPR)

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 du CUPR)

Trois usines canadiennes de magnésie ont déclaré avoir utilisé de la magnésite dans leurs procédés à différentes occasions au cours de la période de 1990 à 2007. Deux des trois usines ont fermé (une en 1991 et l'autre en 2007); une usine demeure en activité.

Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d du CUPR)

Le calcaire et la dolomite sont utilisés dans un certain nombre d'applications industrielles au Canada, notamment pour la production de ciment, de chaux, 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 Autres utilisations de calcaire et de dolomite sont associées à d'autres applications, comme leur utilisation dans la 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.

4.4.2. Questions de méthodologie

Production de verre (catégorie 2.A.3 du CUPR)

Les émissions nationales de CO₂ 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, on applique à l'ensemble de la consommation canadienne la fraction de carbonate de sodium employé pour la production de verre aux États-Unis. 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 calcaire¹³.

Production de céramique (catégorie 2.A.4.a du CUPR)

Les émissions de CO₂ issues des procédés de Production de céramique ont été jugées « négligeables » selon le paragraphe 37b) des lignes directrices sur la déclaration à l'inventaire de l'annexe I de la CCNUCC. Pour des détails, voir la section 4.4.1.

Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b du CUPR)

Les émissions nationales de CO₂ sont calculées à l'aide d'une méthode de niveau 1 qui applique le coefficient d'émission de 415 g de CO₂/kg de carbonate de sodium, fondé sur la stœchiométrie, aux données sur la consommation à l'échelle nationale, en presumant 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 Global Trade Information Services (GTIS, 1995–2006, 2007–2009) et de la base de données sur le commerce international canadien de marchandises de Statistique Canada (Statistique Canada, 2010–2021). Cependant, GTIS n'ayant commencé à publier des données sur le commerce qu'en 1995, on a donc supposé que les données pour les années 1990 à 1994 étaient une moyenne de celles de 1995 à 2000. 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, on a obtenu les estimations des émissions provinciales en répartissant les émissions à l'échelle nationale en fonction des valeurs de produit brut provinciales respectives des mêmes secteurs.

¹³ 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 magnésie non métallurgique (Utilisation de magnésite) (catégorie 2.A.4.c du CUPR)

On a eu recours à une méthode de niveau 1 pour estimer les émissions de CO₂ des procédés résultant de l'utilisation de magnésite dans la production de magnésie. La méthode applique un coefficient d'émission de 522 g de CO₂/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). On multiplie ensuite le coefficient d'émission par les données d'activité propres à chaque installation, pour estimer les émissions de CO₂ provinciales et nationales.

Les données sur les activités d'utilisation de magnésite ont été obtenues de diverses sources ou calculées à partir des données de ces sources. Une des trois usines a été exploitée de 1990 à 1991 et ne disposait d'aucune donnée publique sur l'utilisation de magnésite. Les données sur les activités ont été extrapolées à partir de la quantité de magnésie produite; on a présumé que cette quantité correspondait à la moitié de la capacité de 1990 mentionnée dans le document de base sur les minéraux et les métaux de 1999 (AMEC, 2006).

Une deuxième usine était en activité de 1990 à 2007. Ses données de production pour 1990–2005 proviennent de la Direction générale de la protection de l'environnement, région du Québec, d'Environnement Canada¹⁴. Les données sur les activités pour 2006 et 2007 ont été estimées en fonction du rapport moyen de magnésite consommée/magnésie produite entre 1990 et 2005.

Quant à la troisième usine, elle a été en activité durant toute la période de déclaration (1990–2021) et ses données sur les activités annuelles proviennent du ministère de l'Énergie et des Mines de la Colombie-Britannique (British Columbia Geological Survey, 2022).

Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d du CUPR)

Les émissions de CO₂ attribuables à l'utilisation de calcaire et de dolomite sont estimées séparément, à l'aide d'une méthode de niveau 2, en fonction des données sur la consommation (Tableau 4–4) et des coefficients d'émission respectifs.

Le coefficient d'émission pour l'utilisation de calcaire au Canada a été établi d'après le rapport stœchiométrique des émissions de procédés, qui est de 440 g de CO₂ par kilogramme de calcaire pur utilisé, et est ajusté pour tenir compte d'un coefficient de pureté de 95 % (Derry Michener Booth et Wahl et la Commission géologique de l'Ontario, 1989). Le coefficient d'émission du Canada est donc de 418 g de CO₂/kg de calcaire utilisé (AMEC, 2006).

On a établi un coefficient d'émission global de 468 g de CO₂/kg de dolomite utilisée en fonction des coefficients d'émission du calcaire pur (440 kg de CO₂ par tonne) et de la magnésite (522 kg de CO₂ par tonne), et en partant de l'hypothèse que la dolomite se compose de 58 % de CaCO₃ et de 41 % de MgCO₃ (AMEC, 2006).

Pour ce qui est de la période s'étendant de 1990 à 2006, les données sur l'utilisation de pierre brute dans les hauts fourneaux sidérurgiques, les fonderies de métaux non ferreux, les verreries, les usines de pâtes et papiers et les autres utilisations chimiques 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. De plus, les données sur l'utilisation de la pierre dans les hauts fourneaux sidérurgiques pour toutes les années ont été subdivisées entre le calcaire et la dolomite, selon une répartition de 70/30 (AMEC, 2006). Le Tableau 4–4 présente la répartition de la consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite dans le secteur de la sidérurgie, la production de verre et les autres utilisations de procédés des carbonates. Pour estimer les émissions nationales de CO₂, on multiplie les quantités de calcaire et de dolomite consommées par les coefficients d'émission correspondants, puis on répartit les émissions dans les catégories respectives : Production de verre (catégorie 2.A.3 du CUPR), Sidérurgie (catégorie 2.C.1 du CUPR, se reportez à la section 4.10), et Autres utilisations de calcaire et de dolomite (catégorie CRF 2.A.4.d du CUPR).

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 canadiennes¹⁵, seul le calcaire est utilisé dans les procédés de DGC dans les centrales canadiennes alimentées au charbon.

On a obtenu les estimations des émissions provinciales 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, production de verre et produits chimiques).

¹⁴ Banville J. 2006. Communication personnelle (courriel daté du 3 mars 2006 de J. Banville à R. Zaremba, Environnement Canada). Environnement Canada, Direction générale de la protection de l'environnement, région du Québec.

¹⁵ Cook S. 2013. Communication personnelle à M. Edalatmanesh, Environnement Canada, le 18 novembre 2013. Association canadienne de l'électricité.

Tableau 4-4 **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 des carbonates dans les procédés		
	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Dolomite (kt)	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)	Calcaire à haute teneur en calcium (kt)		
				Usines de pâtes et papiers	Fonderies de métaux non ferreux	Autres utilisations chimiques
1990	459	197	171	214	16	846
1991	344	147	169	220	162	964
1992	393	169	154	231	167	264
1993	139	59	161	224	176	244
1994	133	57	146	234	154	587
1995	215	92	146	130	181	436
1996	208	89	146	134	164	711
1997	232	100	181	117	158	915
1998	274	118	158	89	129	857
1999	274	118	137	96	101	522
2000	476	204	51	118	39	928
2001	334	143	44	69	94	680
2002	181	77	46	57	55	927
2003	197	85	18	62	46	939
2004	146	63	18	75	51	1 109
2005	151	65	18	80	47	1 175
2006	140	60	18	173	57	1 057
2007	69	30	32	41	64	1 178
2008	223	95	12	15	65	1 182
2009	182	78	0	36	74	923
2010	219	94	0	41	65	423
2011	350	150	0	40	52	508
2012	532	228	0	31	34	521
2013	438	188	0	30	46	342
2014	709	304	0	40	32	364
2015	866	371	0	37	32	356
2016	791	339	0	36	28	350
2017	85	37	0	45	28	196
2018	0	0	0	30	28	201
2019	0	0	0	28	26	187
2020	0	0	0	25	25	184
2021	0	0	0	26	23	192

4.4.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Production de verre (catégorie 2.A.3 du CUPR)

L'évaluation de l'incertitude de niveau 1 pour la catégorie de production de verre tient compte des incertitudes reliées aux données sur la consommation, aux coefficients d'émission et aux hypothèses relatives aux quantités de carbonate de sodium et de calcaire utilisées dans la production de verre. Le degré global d'incertitude associé aux estimations de 2021 est de $\pm 10,2$ %.

Les mêmes coefficients d'émission ont été uniformément appliqués à toute la série chronologique, et les sources de données sur les activités sont décrites à la section 4.4.2.

Production de céramique (catégorie 2.A.4.a du CUPR)

Aucune évaluation de l'incertitude n'a été effectuée pour cette catégorie étant donné que les émissions qui y sont associées ont été jugées « négligeables » au titre du paragraphe 37(b) des Directives FCCC révisées pour la notification des inventaires annuels des Parties visées à l'annexe 1 de la Convention, comme décrit dans la section 4.4.1.

Autres utilisations de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4.b du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de l'utilisation de carbonate de sodium. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production (pour les années précédant l'année 2001) et sur les importations et les exportations. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble pour la série chronologique s'établissait entre $\pm 5,9$ % et $\pm 7,5$ %.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.4.2.

Production de magnésie non métallurgique (Utilisation de magnésite) (catégorie 2.A.4.c du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la production de magnésie non métallurgique. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur les activités et aux coefficients d'émission. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble pour la série chronologique s'établissait entre $\pm 4,3$ % et $\pm 8,1$ %, et on a déterminé que les données sur l'utilisation de magnésite contribuaient principalement à l'incertitude.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités variaient au fil de la série chronologique, comme le décrit la section 4.4.2.

Autre utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d du CUPR)

L'évaluation de l'incertitude de niveau 1 pour la catégorie Autres utilisations de calcaire et de dolomite considère les incertitudes associées aux données sur les activités et aux coefficients d'émission. L'incertitude associée à l'ensemble de la série chronologique s'établissait entre $\pm 15,4$ % et $\pm 38,0$ %, les données sur les utilisations chimiques ayant principalement contribué à l'incertitude.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.4.2.

4.4.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les catégories de l'Utilisation de produits minéraux ont fait l'objet de contrôles de la qualité informels tout au long du processus d'estimation des émissions.

4.4.5. Recalculs par catégorie

Pour la catégorie Autres utilisations de carbonate de sodium, les mises à jour apportées aux données sur les activités pour les années 1994, 2003–2004 et 2007–2020 ont entraîné une augmentation inférieure à 1 kt CO₂ pour chaque année concernée.

4.4.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.5. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)

4.5.1. Description de la catégorie

Les émissions liées à la production d'ammoniac s'élevaient à 2 500 kt, soit 0,3 % des émissions totales au Canada en 2021.

On compte actuellement neuf usines¹⁶ de production d'ammoniac actives au Canada. Elles sont situées en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario. 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 CO₂ attribuables aux procédés négligeables. Les huit autres usines utilisent des reformeurs de méthane à la vapeur pour produire de l'ammoniac, dont la plupart récupèrent les émissions de CO₂ pour produire de l'urée. Deux usines effectuent du captage et du 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 CO₂ comme sous-produit du procédé de synthèse de l'ammoniac. Pour éviter une surestimation des émissions de CO₂, l'utilisation du CO₂ récupéré dans la production d'urée est prise en compte dans les estimations de cette catégorie.

¹⁶ Brown, T. Canada. 2018. [Consulté le 24 février 2021]. En ligne à l'adresse : <https://ammoniaindustry.com/tag/canada/> (en anglais seulement).

(voir l'Équation 4–5). 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 aux Lignes directrices 2006 du GIEC (encadré 3.2 à la page 3.17, du volume 3). Les émissions résultant de l'utilisation d'additifs à base d'urée dans les convertisseurs catalytiques sont examinées à la section 4.13 et incluses dans la catégorie 2.D.3 du CUPR. Il a été déterminé que les autres utilisations de l'urée (p. ex. comme ingrédient dans la fabrication de résines, de plastiques ou de revêtements) représentaient une source importante d'émissions, lesquelles sont incluses dans la catégorie 2.B.10 du CUPR.

Les deux usines de reformage du méthane à la vapeur qui effectuent du CSC récupèrent les émissions de CO₂ pour les stocker à long terme par 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, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (encadré 3 de la figure 3.1 à la page 3.14).

4.5.2. Questions de méthodologie

La catégorie de la production d'ammoniac comprend les émissions de CO₂ découlant de l'utilisation de gaz naturel comme matière première et tient compte de la récupération des émissions pour la production d'urée. Une méthode de niveau 3 propre au pays est ensuite utilisée, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), pour les années 2018 à 2021, tandis qu'une méthode de niveau 2 propre au pays a été appliquée pour les années 1990 à 2017. La collecte de données déclarées par installation provenant du PDGES nous a permis d'avoir suffisamment de données pour faire la transition vers une méthode de niveau 3 pour l'année 2018 et les suivantes. Puisque des données désagrégées sur les activités (c.-à-d. sur le gaz naturel utilisé comme matière première et celui utilisé à des fins énergétiques) sont disponibles, les émissions découlant de l'utilisation de gaz naturel à des fins énergétiques sont incluses dans le secteur de l'énergie.

L'utilisation du gaz naturel comme matière première a été déterminée en multipliant la production annuelle d'ammoniac par un facteur de conversion ammoniac/matière première qui est propre à chaque installation pour les années 1990 à 2017. Les données de production annuelle d'ammoniac pour la période de 1990 à 2004 ont été réunies dans une étude menée par Cheminfo Services (2006); les données des années 2005 à 2009 sont celles qui ont été déclarées à Environnement Canada sur une base volontaire par l'industrie des engrais, et celles de 2008 à 2017 ont été tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques (Statistique Canada, s.d. [c]). Les facteurs de conversion ammoniac/matière première ont été élaborés à partir des données 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 chacune) ont fourni des facteurs pour l'ammoniac/matière première. Deux des neuf usines n'ont fourni aucun facteur. Il convient également de noter que l'une de ces deux usines n'a pas eu recours au procédé de reformage du méthane à la vapeur. Pour la dernière usine ayant recours au reformage du méthane à la vapeur, on a appliqué la moyenne des facteurs de conversion ammoniac/matière première. À l'échelle de l'usine, la variabilité du 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. Pour les années 2018 à 2021, la quantité de gaz naturel utilisée comme matière première déclarée par les installations dans le cadre du PDGES a été directement utilisée dans l'estimation des émissions de CO₂.

La quantité de gaz naturel utilisée comme matière première est ensuite multipliée par le facteur de la teneur en carbone du gaz naturel (TC_i) propre à l'installation et le facteur d'oxydation du carbone (FOC) par défaut (GIEC, 2006) afin de déterminer les émissions de CO₂ résultantes. 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. Le Tableau 4–5 ci-dessous présente un aperçu des teneurs en carbone du gaz naturel.

En général, on observe que la teneur en carbone du gaz naturel ne varie pas de manière significative d'une année à l'autre et d'une installation à une autre. Les valeurs de cette teneur, confirmées par les installations, varient de 0,49 à 0,54 kg de C/kl de matières premières, ce qui est comparable aux valeurs obtenues par le PDGES. Pour les trois installations qui ont mis fin à leurs activités avant 2018, nous avons utilisé les teneurs en carbone calculées à l'interne pour chaque année et chaque province. Les teneurs en carbone déclarées par les installations dans le cadre du PDGES ont été appliquées pour les années 2018 à 2021.

Tableau 4-5 **Aperçu des teneurs en carbone du gaz naturel utilisées pour estimer les émissions attribuables à la production d'ammoniac pour les années 1990 à 2017**

Installation en activité	Période	Description de la teneur en carbone du gaz naturel
A	1990 à 2017	L'installation a confirmé qu'elle utilisait la moyenne des teneurs en carbone des années 2018 à 2020 déclarée au PDGES comme étant adaptée.
B	1990 à 2017	L'installation a fourni une valeur moyenne de la teneur en carbone propre à son installation (d'après les valeurs de 1998 à 2017).
C	1990 à 2017	L'installation a fourni une valeur moyenne de la teneur en carbone propre à son installation (d'après les valeurs de 2003 à 2017).
D	1990 à 2017	L'installation a fourni une valeur moyenne de la teneur en carbone propre à son installation (d'après les valeurs de 2004 à 2017).
E*	1990 à 2009	L'installation a confirmé qu'elle utilisait la moyenne des teneurs en carbone des années 2018 à 2020 déclarée au PDGES comme étant adaptée.
	2010 à 2017	L'installation a fourni les valeurs de la teneur en carbone propres à son installation et à l'année.
F	1990 à 2007	L'installation a fourni une valeur moyenne de la teneur en carbone propre à son installation (d'après les valeurs de 2008 à 2012).
	2008 à 2018	L'installation a fourni les valeurs de la teneur en carbone propres à son installation et à l'année.
G	1990 à 2017	L'installation a confirmé qu'elle utilisait la moyenne des teneurs en carbone des années 2018 à 2020 déclarée au PDGES comme étant adaptée.
H	1990 à 2017	L'installation suggère d'utiliser les valeurs annuelles provinciales de la teneur en carbone. Les valeurs annuelles de la teneur en carbone par province déterminées à l'interne figurant dans le tableau A _{6.1-1} ont été utilisées.

Note :

*L'installation E a fourni ses valeurs de la teneur en carbone en kg C/kg de matière première de 2010 à 2017. Ces valeurs ont été transformées en kg C/kL de matière première d'après la moyenne des températures de référence de 2018 à 2020, la moyenne des pressions de 2018 à 2020 déclarées au PDGES et le poids moléculaire du gaz naturel propre à l'installation fourni par l'installation de 2010 à 2017. L'installation a confirmé que l'utilisation des moyennes de températures et de pressions de 2018 à 2020 était adaptée.

La quantité de CO₂ récupérée pour la production d'urée et de la CSC est ensuite soustraite des émissions attribuables au procédé (Équation 4-5).

Équation 4-5 **Émissions de CO₂ attribuables à la production d'ammoniac**

$$E_{CO_2} = \sum_i \frac{44}{12} \times GN_i \times TC_i \times FOC - E_{CO_2 \text{ urée } i} - E_{CSC \ i}$$

E_{CO_2}	=	Émissions de CO ₂ à l'échelle nationale, kt
GN_i	=	Volume de gaz naturel utilisé comme matière première pour l'installation i , m ³
TC_i	=	Facteur de la teneur en carbone de l'installation i , kt carbone/m ³ de gaz naturel
$44/12$	=	Rapport du poids moléculaire du CO ₂ sur celui du carbone
FOC	=	Facteur d'oxydation du carbone = 1 (sans unité)
$E_{CO_2 \text{ urée } i}$	=	Émissions de CO ₂ récupérées pour la production d'urée de l'installation i , kt
$E_{CSC \ i}$	=	Émissions soumises au captage et au stockage pour l'installation i , kt

Pour la série chronologique de 1990 à 2017, on suppose que la production d'urée nécessite une quantité stœchiométrique de CO₂ de 0,733 kg CO₂/kg d'urée. Les émissions de CO₂ récupérées pour la production d'urée de 2018 à 2021 ont été directement déclarées par les installations dans le cadre du PDGES et il est supposé que le ratio stœchiométrique de la production d'urée sur les émissions de CO₂ reste le même. Pour les années 1990 à 2007, la production d'urée a été estimée d'après la production d'ammoniac et le rapport moyen de la production d'ammoniac sur celle de l'urée propre à chaque installation. Les données sur la production d'urée de 2008 à 2017 ont été tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques.

Pour améliorer les estimations des émissions dans le RIN 2023, les émissions récupérées pour les activités de CSC sont estimées pour toute la série chronologique. Afin de s'assurer que les émissions de CO₂ récupérées pour les activités de CSC soient prises en compte avec précision dans l'estimation, les données déclarées dans « Autres émissions de CO₂ récupérées » au PDGES 2022 par les installations productrices d'ammoniac ont été attentivement examinées et analysées. En outre, le cas échéant, des installations ont été contactées par courriel pour savoir si elles effectuaient des activités de CSC, pour confirmer les valeurs qu'elles ont déclarées et pour obtenir des précisions sur leurs activités de CSC. Suite à des analyses et des vérifications, il a été constaté que deux installations effectuaient des activités de CSC pour lesquelles il fallait soustraire les émissions de CO₂ des émissions brutes de CO₂.

Pour un aperçu des activités de CSC et des autres activités de récupération du carbone de chaque installation ayant recours au reformage du méthane à la vapeur, veuillez consulter le Tableau 4-6.

Tableau 4-6 **Aperçu des activités de captage et de stockage du carbone et de récupération du CO₂**

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 et ce CO ₂ est utilisé pour la récupération assistée d'hydrocarbures. Voir ACTL – Enhance Energy. 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 tiers 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 tiers 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 utilisations ultérieures et stockage à court terme ne devraient pas être déduites des émissions CO ₂ , sauf lorsque les émissions de CO ₂ sont prises en compte ailleurs dans l'inventaire.	
b. Idem	

Enfin, il faut signaler que la quantité de gaz naturel qui sert à produire de l'hydrogène dans 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, on a systématiquement soustrait 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 solvant.

De plus amples renseignements sur la méthode de calcul se trouvent à l'Annexe 3.3.

4.5.3. 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. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production d'ammoniac et d'urée, au facteur de conversion ammoniac/matière première et à la teneur en carbone du gaz naturel. Les valeurs d'incertitude associées aux émissions de CO₂ dans cette catégorie dans son ensemble varient dans le temps de 6,4 % à 8,8 % selon les volumes de gaz naturel utilisé pour la production d'ammoniac et la quantité d'urée produite.

Pour assurer une uniformité entre les séries chronologiques, nous avons contacté les installations en activité et leur avons demandé de confirmer, si elles le voulaient bien, si les teneurs en carbone du gaz naturel des années 2018 à 2020 utilisées par installation concordaient avec les valeurs estimatives des émissions pour les années 1990 à 2017. Après cette communication, nous avons obtenu soit une confirmation soit des valeurs par année et par installation. Pour des précisions, veuillez consulter la section 4.5.2.

4.5.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Cette catégorie a fait l'objet de contrôles de la qualité informels tout au long du processus d'estimation des émissions.

4.5.5. Recalculs par catégorie

La rectification du facteur de récupération du CO₂ consommé dans la production d'urée pour les années 1990 à 2017, après les commentaires formulés par l'EEE en 2022, et l'ajout de la CSC pour les années 1990 à 2020 ont contribué aux recalculs dont les résultats ont varié de -173 à -4,9 kt.

4.5.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour l'estimation des émissions de CO₂ liées à la production d'ammoniac.

4.6. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)

4.6.1. 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. Les émissions liées à la production d'acide nitrique s'élevaient à 216 kt éq. CO₂ des émissions du Canada en 2021, une baisse de 82 % depuis 2005. Dans neuf installations, 14 chaînes de production (usines) d'acide nitrique ont été en activité pendant la série chronologique (Cheminfo Services, 2006). En 2021, huit usines étaient exploitées dans cinq installations. Toutes les usines en activité sont dotées de systèmes de réduction du N₂O.

Pour produire de l'acide nitrique, on procède en deux étapes. À la première, l'ammoniac subit une oxydation par catalyse sur une gaze catalytique de platine et de rhodium, ce qui produit des oxydes d'azote (NO_x), notamment du dioxyde d'azote (NO₂). À la deuxième étape, le NO₂ est absorbé dans l'eau d'une tour d'absorption pour produire de l'acide nitrique (HNO₃). Lors de l'oxydation de l'ammoniac, un peu de N₂O est produit comme sous-produit de la réaction.

Il y a deux grands types de procédés pour produire de l'acide nitrique : la méthode à haute pression et la méthode à double pression. Les deux technologies sont utilisées dans les usines de production d'acide nitrique au Canada. 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. C'est ce que l'on appelle « absorption étendue de type 1 » dans le Tableau 4-7. Les usines peuvent aménager une deuxième tour afin de permettre une « double absorption ». C'est ce que l'on appelle « absorption étendue de type 2 » dans le Tableau 4-7 (Cheminfo Services, 2006).

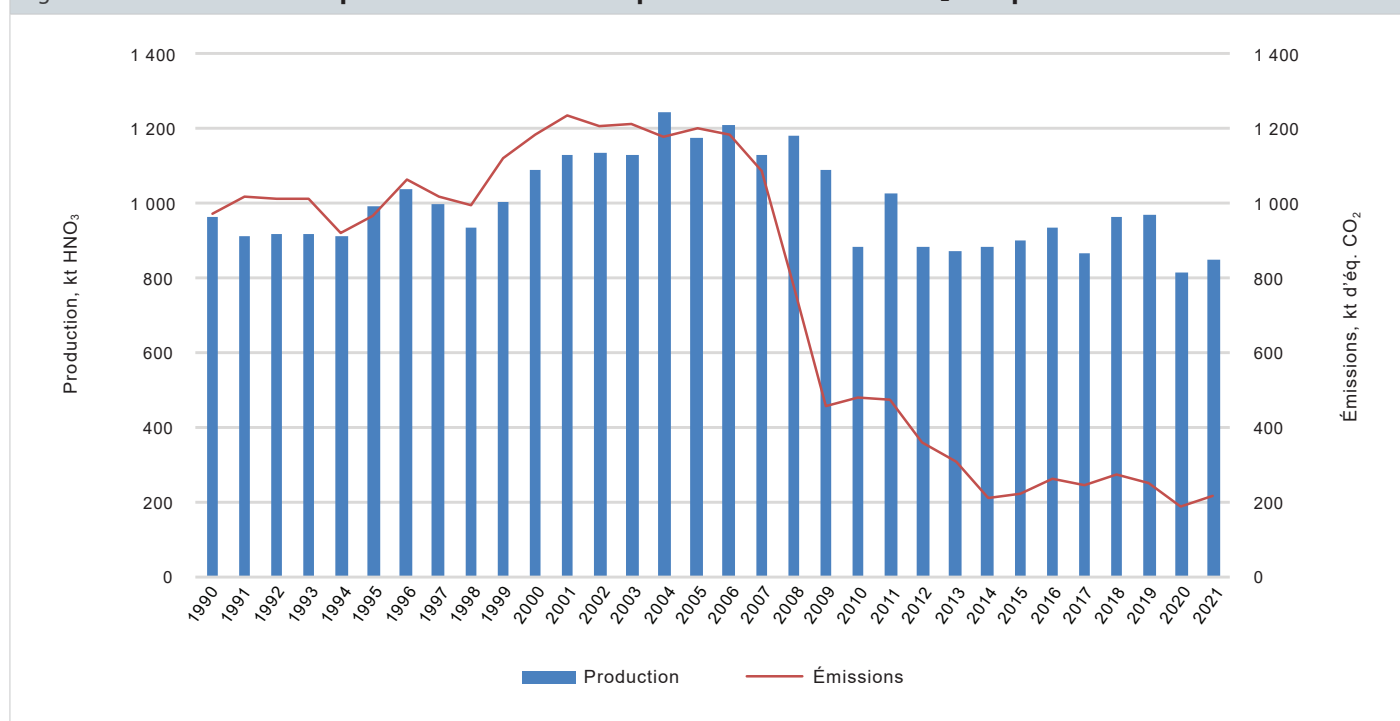
Le type de technologie de réduction du N₂O le plus couramment utilisé dans les usines au Canada est un système de réduction catalytique non sélectif (RCNS). Ces systèmes antipollution sont dits « non sélectifs » quand du gaz naturel est utilisé comme agent réducteur des oxydes d'azote (NO_x) et de l'oxyde de diazote (N₂O). En revanche, un système de réduction catalytique « sélectif » (RCS) utilise de l'ammoniac, qui réagit sélectivement avec l'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), mais pas avec le N₂O, d'où un coefficient d'émission plus élevé pour le N₂O. Les systèmes RCNS sont installés en aval des gaz résiduels 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 résiduels, ou quaternaire ou une solution au point de rejet lorsqu'ils sont installés en aval de la turbine de détente des gaz résiduels, avant la cheminée (GIEC, 2006). Des huit usines en activité, six sont dotées de systèmes RCNS (Cheminfo Services, 2006).

Des systèmes de décomposition catalytique de gaz de procédé (DCGP) sont également employés dans certaines usines canadiennes de production d'acide nitrique. Ces systèmes sont une mesure antipollution secondaire qui est composée de catalyseurs installés sous le brûleur d'ammoniac qui catalyse la formation de N₂O pendant la réaction d'oxydation de l'ammoniac. Des systèmes DCGP ont été installés rétroactivement dans deux usines en activité en 2008¹⁷ et 2012¹⁸. Ces usines ont contribué le plus à la diminution des émissions observée entre 2005 et 2021 dans cette catégorie. Dans la Figure 4-1 sont présentées les tendances de la production et des émissions dans la catégorie.

17 Orica Canada Inc. 2016. *Nitrous Oxide Abatement from Nitric Acid Production Offset Project Plan*. En ligne à l'adresse : https://alberta.csaregistrries.ca/GHGR_Listing/AEOR_ListingDetail.aspx?ProjectId=204. (en anglais seulement).

18 Orica Canada Inc. 2014. *Orica Nitric Acid Plant 2 – Nitrous Oxide Abatement from Nitric Acid Production Offset Project Plan*. En ligne à l'adresse : https://alberta.csaregistrries.ca/GHGR_Listing/AEOR_ListingDetail.aspx?ProjectId=205. (en anglais seulement).

Figure 4-1 Tendances de la production d'acide nitrique et des émissions de N₂O de procédé



4.6.2. Questions de méthodologie

Un mélange des méthodes de niveaux 1, 2 et 3 a été utilisé pour estimer les émissions de N₂O attribuables à la production d'acide nitrique. Les valeurs de production propres à l'usine ont été appliquées selon la méthode prédominante (niveau 2) aux coefficients d'émission de la technologie.

1. Méthode de niveau 3 : l'utilisation de données et de coefficients d'émission de production 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 : l'utilisation de données de production propres à l'installation (combinées à celles de plusieurs usines de production d'acide nitrique à la même installation) ou à l'usine et des coefficients d'émission propres à la technologie de production qui sont fournis par les fournisseurs de technologies industrielles ou des moyennes nationales propres à la technologie lorsque les coefficients d'émission propres à l'usine ne sont pas disponibles.
3. Méthode de niveau 1 : l'utilisation de données estimatives sur la production et des coefficients d'émission propres à l'usine ou à la technologie.

Le Tableau 4-7 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 préférablement de l'étude Cheminfo de 2006 (Cheminfo Services, 2006). Pour combler les lacunes dans les données sur les activités, nous avons soustrait la somme des données de production des données de production nationale totale d'acide nitrique de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. La production non attribuée a été répartie entre les usines dont des données sur les activités manquaient, proportionnellement à leurs capacités de production.

Pour les années 2005 à 2009, les données sur les activités ont été déclarées volontairement par les installations à Environnement et Changement climatique Canada. 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. Il est rare que des données manquent après avoir réalisé des enquêtes à participation volontaire et l'enquête relative aux produits chimiques industriels et aux résines synthétiques; on soustrait la somme des données de production connues des données nationales totales de production d'acide nitrique, et on répartit le reste parmi les usines dont des données sur les activités manquaient, proportionnellement à leurs capacités de production.

Tableau 4-7 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 ₂ O ^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	
Agrium Inc.	Redwater, AB	1	1990–2021	HP	RCNS	1991–1999	1990, 2000–2021	2005–2021	1990–2004	Niveau 1 (1991–1999) Niveau 2 (2005–2021) Niveau 3 (1990, 2000–2004)
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 : 1990–2021 Usine 2 : 1994–2021 Usine 3 : 1997–2021	HP	RCNS	1991–1999, 2007	1990, 2000–2006, 2008–2021	1990–2021	S.O.	Niveau 1 (1991–1999, 2007) Niveau 2 (1990, 2000–2006, 2008–2021)
Orica Canada Inc.	Carseland, AB	2	Usine 1 : 1990–2021 Usine 2 : 1999–2021	Usine 1 : DP (M/H), AE1 Usine 2 : HP	Usine 1 : Aucune (1990–2008), DCGP (2008–2021) Usine 2 : Aucune (1998–2012), DCGP (2012–2021)	S.O.	1990–2021	Usine 1 : 1990–2008 Usine 2 : 1999–2012	Usine 1 : 2008–2021 Usine 2 : 2012–2021	Usine 1 : Niveau 2 (1990–2008), Niveau 3 (2008–2021) Usine 2 : Niveau 2 (1999–2012), Niveau 3 (2012–2021)
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	1990–2021	HP	RCNS	S.O.	1990–2021	2005–2021	1990–2004	Niveau 2 (2005–2021) Niveau 3 (1990–2004)
Yara Belle Plaine Inc.	Belle Plaine, SK	1	2004–2021	HP	RCNS	S.O.	2004–2021	2005–2021	2004	Niveau 2 (2005–2021) Niveau 3 (2004)

Notes :

a. Pour les types de procédés, nous avons utilisé les définitions de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019), et déterminé les types à partir des données des installations recueillies ou réunies dans le cadre de l'étude de Cheminfo Services (2006).

b. Les mesures de réduction des émissions de N₂O sont conformes aux définitions des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les renseignements sur les mesures de réduction des émissions employées aux installations ont été recueillis ou réunis 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; Orica Canada Inc., 2016).

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 N₂O) (GIEC, 2006).

DCGP = système de décomposition catalytique de gaz de procédé (situé sous le brûleur d'ammoniac utilisé pour l'étape d'oxydation) (GIEC, 2006).

Pour les années 2010 à 2021, les données sur la production par installation ont été tirées de l'enquête relatives aux Produits chimiques industriels et résines synthétiques de Statistique Canada. Une installation a déclaré à l'enquête sa production agrégée accompagnée d'une date de début et d'une date de fin qui ne correspondent pas à une année civile. Les données sur la production propres à l'usine pour une année civile ont été obtenues par demande distincte auprès de l'entreprise pour ces années.

Pour estimer les émissions de cinq usines, le cas échéant et lorsqu'elles étaient applicables aux années précises des données sur les activités, nous avons utilisé les coefficients d'émission propres à l'usine, déterminés par la méthode de niveau 3, ou les données des systèmes de surveillance continue des émissions (SSCE). Nous avons tiré ces données pour les années antérieures à 2005 des données de la collecte auprès des installations dans l'étude Cheminfo de 2006 (Cheminfo Services, 2006). Les SSCE ont été mis en place lors de l'installation de systèmes antipollution par décomposition catalytique des gaz de procédé au site de la société Orica Canada Inc. Carseland Works en 2008 et en 2012. Les données relatives aux SSCE fournies par ces installations 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 nous n'avons pu appliquer la méthode de niveau 3, faute de données pour les coefficients d'émission, nous avons utilisé 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. Il convient de noter qu'afin de protéger intégralement les données confidentielles sur la production propres à une usine ou à une installation, il n'est pas possible pour le Canada d'associer précisément les coefficients d'émission à une usine. Un coefficient d'émission moyen pondéré pour 2021 est présenté au Tableau A6.2–3.

4.6.3. 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. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données nationales sur la production d'acide nitrique, propres aux installations et aux usines, au processus d'attribution de la production (le cas échéant), ainsi qu'aux coefficients d'émission. Dans l'ensemble, les valeurs d'incertitude associées aux émissions de N_2O dans cette catégorie varient de 8,8 % à 9,7 %, entre 1990 et 1998, chutent de 6,9 % à 7,5 % de 2000 à 2007 et diminuent encore de 3,3 % à 3,7 % de 2012 à 2021. La première diminution est due en partie à la fermeture de l'usine Orica Canada Beloeil en 1999, dont le coefficient d'émission propre à la technologie était très incertain (± 45 %). Également, l'incertitude des données sur les activités a diminué en raison d'une meilleure accessibilité des données sur la production à l'échelle de l'installation depuis l'année 2000. La deuxième diminution est due au recours aux données moins incertaines des SSCE de niveau 3 provenant de la société Orica Canada Carseland Works. Les coefficients d'émission sont les données qui contribuent le plus à l'incertitude dans cette catégorie.

Nous avons comblé toutes les lacunes des données sur les activités dans la série chronologique à l'aide de la même méthode d'attribution des valeurs de production à partir de la production nationale non allouée, en fonction des capacités de production des installations. Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique, sauf s'il existe un coefficient d'émission déterminé par une méthode de niveau 3.

4.6.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La catégorie Production d'acide nitrique a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (General Quality Control Checklist Guidance) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles effectués correspondaient aux exigences en matière d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité, comme l'encourage le chapitre 6 du volume 1 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

En outre, les vérifications suivantes ont été faites en complément de la liste de vérification de CQ de niveau 1 pour cette catégorie :

- s'assurer que les données sur les activités sont propres au produit HNO_3 pur et qu'elles sont déclarées pour chaque année civile
- vérifier les données sur les activités, qu'elles soient nouvelles ou révisées, ainsi que les coefficients d'émission des systèmes de surveillance continue des émissions pour déceler les différences interannuelles inexpliquées qui sont supérieures à 10 %, et contacter les sources de données pour une vérification et des explications, le cas échéant
- s'assurer 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 qui est publié (le cas échéant)
- comparer les coefficients d'émission propres aux usines, les coefficients d'émission découlant du recours aux systèmes de surveillance continue des émissions et les coefficients d'émission propres à la technologie à ceux déclarés pour des usines et des contextes similaires dans d'autres inventaires nationaux et la Base de données des coefficients d'émission

4.6.5. Recalculs par catégorie

Pour les années 1992 et 1997, les émissions ont été recalculées en raison du recours aux totaux révisés de la production nationale pour concorder avec les données publiées en ligne de Statistique Canada. Une erreur dans l'affectation des données de production à l'échelle nationale de 2007 a été corrigée, ce qui a entraîné un recalcul des émissions pour cette année. Les émissions de 2019 ont été recalculées à l'aide des données de production propres à l'installation et des données des SSCE pour une installation au lieu de totaux agrégés de production et d'émissions. Les résultats de ces recalculs ont varié de -27 kt éq. CO_2 (-2,6 %) en 1992 à +0,16 kt éq. CO_2 (0,02 %) en 1997 par comparaison avec ceux du précédent rapport d'inventaire.

4.6.6. Améliorations prévues par catégorie

Les émissions de N_2O de la plupart des installations depuis 2005 sont calculées à l'aide des coefficients d'émissions (niveau 2) propres à une technologie (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 (GIEC, 2006).

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 non sélective (RCNS) et sélective (RCS). L'utilisation de ces systèmes est répandue dans les usines canadiennes de production d'acide nitrique pour réduire les émissions de N_2O et de NO_x attribuables aux procédés et leur recours pourrait contribuer à réduire quelques émissions attribuables aux procédés.

4.7. Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)

4.7.1. 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. Cette usine avait considérablement réduit ses émissions de N₂O depuis 1997, année où elle a mis en place un système catalytique antipollution de limitation de ces émissions avec un système de surveillance des émissions. L'usine n'a cependant pas produit d'acide adipique depuis le printemps 2009 et, par conséquent, après l'année 2009, les émissions de N₂O et de CO₂ sont déclarées comme inexistantes dans le CUPR.

4.7.2. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions attribuables à la production d'acide adipique ont été fournies pour l'installation. Pour la période de 1990 à 1996, avant que le dispositif antipollution (DAP) soit installé, on a estimé les émissions en multipliant la production d'acide adipique par le coefficient d'émission par défaut du GIEC de 0,3 kg de N₂O/kg d'acide adipique.

Depuis 1997, la méthode d'estimation des émissions calcule séparément les émissions produites lorsque le dispositif antipollution fonctionne (Équation 4–7) et lorsqu'il ne fonctionne pas (Équation 4–8) en raison d'activités d'entretien ou de problèmes techniques. Les émissions totales pour la catégorie sont la somme des émissions produites par les deux modes de fonctionnement (Équation 4–6).

Équation 4–6

$$\text{Émissions totales (t)} = \text{Émissions de N}_2\text{O (t) avec DAP} + \text{Émissions de N}_2\text{O (t) sans DAP}$$

Émissions de N₂O avec DAP :

Équation 4–7

$$\begin{aligned} \text{Émissions de N}_2\text{O avec DAP (t)} \\ = (\text{Production(t)}) \times \left(\frac{0,3 \text{ t de N}_2\text{O}}{\text{t d'acide adipique}} \right) \times (1 - \text{Efficacité de la destruction}) \\ \times (\text{Ratio d'utilisation du DAP}) \end{aligned}$$

Efficacité de la destruction = Déterminée en fonction de la différence entre la quantité de N₂O 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 %.

Ratio d'utilisation du DAP = Nombre d'heures durant lequel le N₂O passe par le dispositif divisé par la durée totale d'exploitation.

Émissions de N₂O sans DAP :

Équation 4–8

$$\begin{aligned} \text{Émissions de N}_2\text{O(t) sans DAP} \\ = (\text{Production(t)}) \times \left(\frac{0,3 \text{ t de N}_2\text{O}}{\text{t d'acide adipique}} \right) \times (1 - \text{Ratio d'utilisation du DAP}) \end{aligned}$$

Ratio d'utilisation du DAP = Nombre d'heures durant lequel le N₂O 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 N₂O, car l'analyseur ne peut mesurer avec exactitude que des concentrations relativement faibles de N₂O et uniquement lorsque le réacteur fonctionne et élimine le N₂O. L'analyseur est incapable de mesurer toute la gamme de concentrations de N₂O qu'on peut trouver dans une cheminée. La concentration de N₂O 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 N₂O, lorsque le flux ne passe pas par le dispositif. Lorsque le dispositif est contourné, aucun N₂O n'est éliminé et l'analyseur n'enregistre pas les émissions de N₂O 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).

4.7.3. 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. On y a tenu 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 dans son ensemble a été évaluée à $\pm 11\%$, et on a 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 on l'explique dans la section 4.7.2, 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.

4.7.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La production d'acide adipique est une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

4.7.5. Recalculs par catégorie

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour cette catégorie.

4.7.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration spécifique à cette catégorie n'est actuellement prévue.

4.8. Production de carbonate de sodium (catégorie 2.B.7 du CUPR)

4.8.1. Description de la catégorie

Le carbonate de sodium peut être produit par le procédé Solvay dans lequel du chlorure de sodium (saumure), du calcaire, du coke métallurgique et d'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. où 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.

4.8.2. Questions de méthodologie

On a appliqué une méthode de niveau 1 pour estimer les émissions de CO_2 pouvant être produites par le procédé de production de carbonate pour les années de déclaration applicables (1990–2001). Cependant, on considère que les émissions nettes de CO_2 sont négligeables, car le CO_2 découlant du procédé de Solvay a été récupéré pour être réutilisé et que ces émissions ont été enregistrées comme telles dans la catégorie 2.B.7 du logiciel de déclaration du CUPR (AMEC, 2006).

4.8.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

La méthode, le coefficient d'émission et les données sur les activités sont uniformes tout au long de la série chronologique. L'incertitude de niveau 1 associée aux émissions récupérées est de 14 %.

4.8.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La catégorie de la production de carbonate de sodium a fait l'objet de contrôles de la qualité informels tout au long du processus d'estimation des émissions.

4.8.5. Recalculs par catégorie

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour cette catégorie.

4.8.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue explicitement pour cette catégorie.

4.9. Production de carbure, production de dioxyde de titane, production pétrochimique et de noir de carbone, production fluorochimique et autres utilisations de l'urée (catégories 2.B.5, 2.B.6, 2.B.8, 2.B.9.a et 2.B.10 du CUPR)

4.9.1. Description de la catégorie

Production de carbure (catégorie 2.B.5 du CUPR)

La présente section porte sur deux types de carbure : le carbure de silicium (SiC) et le carbure de calcium (CaC₂). La production de SiC et de CaC₂ a cessé au Canada avec la fermeture des deux dernières installations de SiC en 2002; l'unique installation de CaC₂ a fermé ses portes en 1992.

Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 du CUPR)

Le dioxyde de titane (TiO₂) est l'un des pigments blancs les plus couramment utilisés. Il est principalement employé dans la fabrication de peinture, de papier et de plastique, la production de caoutchouc et divers autres produits.

Il existe trois procédés industriels liés à la production de TiO₂ pouvant entraîner d'importantes émissions de gaz à effet de serre : la production de scories de titane, production de rutil synthétique et production de rutil (TiO₂) à l'aide du procédé au chlorure (GIEC, 2006). Une autre voie de production de TiO₂, la production d'anatase (TiO₂) 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 TiO₂ 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 à l'aide de houille anthraciteuse comme réducteur¹⁹. Les produits de scories de titane sont expédiés en tant qu'intrants de procédés pour produire du TiO₂ à l'aide du procédé au sulfate et du procédé au chlorure. La société Kronos Canada à Varennes, au Québec, produit du TiO₂ à l'aide du procédé au chlorure faisant appel au 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 de l'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 TiO₂ au moyen du procédé au sulfate jusqu'en 1993²⁰.

Production de méthanol (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

De 1990 à 2006, trois installations produisaient du méthanol au Canada, mais elles avaient toutes cessé leurs activités en 2001, 2005 et 2006, respectivement. La production de méthanol a pris fin en 2006 au Canada, mais a recommencé en 2011 à un endroit.

Les émissions de GES (CO₂, CH₄ et N₂O) issues des procédés proviennent des gaz d'échappement des procédés séparés du méthanol et brûlés sur place pour la récupération d'énergie. Les rejets gazeux des procédés contiennent un surplus de CO, de CO₂ et d'hydrocarbures légers. Du CH₄ peut également être rejeté lors de l'évacuation des gaz de procédés contenant du CH₄ par le train de distillation de méthanol et les réservoirs de stockage de méthanol, et des émissions fugitives peuvent provenir d'équipements qui fuient (Cheminfo Services, 2010). Les émissions de N₂O sont incluses dans la catégorie 2.B.10 du CUPR, Autres (production de méthanol – émissions de N₂O).

¹⁹ Weidenhammer, Erich. *Developments in Canadian Hydrometallurgy Since 1950*. Ottawa : Ingenium – Canada's Museums of Science and Innovation. Transformation Series: 20.2. 80 p. En ligne à l'adresse : https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/mstc-cstm/NM33-1-20-eng-2.pdf. (en anglais seulement).

²⁰ Environnement Canada. 1996. *Tioxide Canada Inc.* Montréal : Environnement Canada. No au catalogue : En153-6/27-1996F. 4 p. En ligne à l'adresse : <https://publications.gc.ca/site/fra/9.816965/publication.html>.

Production d'éthylène (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Il y avait cinq usines d'éthylène en exploitation au Canada entre 1990 et 2021, dont l'une est entrée en activité en 1994, et une autre a 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 CO₂ et de CH₄ issues de procédés sont incluses dans la catégorie 2.B.8.b du CUPR et les émissions de N₂O, dans la catégorie 2.B.10 du CUPR, Autres (production d'éthylène – émissions de N₂O).

Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Au Canada, trois installations de production de dichlorure d'éthylène (DCE) ont été exploitées pendant différentes périodes entre 1990 et 2006, mais elles ont maintenant toutes cessé leurs activités, la dernière en date de 2006.

Deux procédés ont été utilisés dans 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 CO₂. Les émissions de CO₂ issues des procédés utilisés pour la production de DCE découlent de la réaction secondaire de l'oxydation des matières premières. Les émissions de CH₄ 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 du CUPR)

L'oxyde d'éthylène est un intermédiaire chimique utilisé dans la fabrication de glycols, y compris le monoéthylène glycol. En 1990, trois usines étaient exploitées au Canada. Une petite usine a mis fin à ses activités en 1993 et deux ont commencé leurs activités en 1994 et en 2000, pour un total de quatre usines exploitées (appartenant à trois entreprises) en 2021. Les émissions de CO₂ sont un sous-produit de l'oxydation directe de l'éthylène et varient en fonction du procédé choisi. Du CH₄ est utilisé pour transporter tous les gaz de réaction tout au long du procédé. Il peut être émis pendant l'évacuation des procédés, par le flux de gaz d'échappement du processus de purification ou de manière fugitive.

Production de noir de carbone (catégorie 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Quatre installations ont produit du noir de carbone au Canada entre 1990 et 2021; trois sont toujours en exploitation. La production de noir de carbone peut entraîner le rejet de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Il convient de noter que les émissions de N₂O sont déclarées dans la catégorie 2.B.10 du CUPR, Autres (production de noir de carbone – émissions de N₂O), tandis que les émissions de CO₂ sont incluses dans la catégorie 2.D du CUPR (Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant). Comme cette catégorie du CUPR ne peut pas être subdivisée, les émissions de CO₂ provenant de la production de noir de carbone sont déclarées avec la mention « IA » (incluses ailleurs) dans le logiciel de déclaration du CUPR.

Production de styrène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Au Canada, trois installations ont produit du styrène entre 1990 et 2021, dont une a cessé ses activités en 1998. La production de styrène peut entraîner le rejet de CO₂ et de CH₄. Il convient de noter que les émissions de CO₂ sont incluses dans la catégorie 2.D du CUPR (Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant) et que cette catégorie du CUPR ne peut pas être subdivisée. Par conséquent, les émissions de CO₂ provenant de la production de styrène sont déclarées avec la mention « IA » (incluses ailleurs) dans le CUPR.

Production fluorochimique (émissions de sous-produits, catégorie 2.B.9.a du CUPR)

La fabrication du HCFC-22 génère un sous-produit, le trifluorométhane (HFC-23 ou CHF₃) [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 1^{er} janvier 2010 (ICCCR, 2008). Les rejets de HFC-23 comme sous-produit de la production de HCFC-22 étaient de 971 kt, 1 057 kt et 830 kt, respectivement en 1990, 1991 et 1992. Il n'y a eu aucune production connue d'hexafluorure de soufre (SF₆) ou d'hydrocarbures perfluorés (PFC) au Canada durant toute cette série chronologique.

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10 du CUPR [Autres utilisations de l'urée – émissions de CO₂])

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.

4.9.2. Questions de méthodologie

Production de carbure (catégorie 2.B.5 du CUPR)

Les coefficients d'émission par défaut de la méthode de niveau 1 du GIEC) ont été utilisés pour estimer les émissions de CH₄ 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 CH₄ a été établie pour 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 CH₄. Seules les données sur la capacité de production (SiC et CaC₂) au cours de la série chronologique ont été obtenues dans cette étude. L'équation suivante a donc servi à estimer les émissions totales de CH₄ découlant de la production de carbure :

Équation 4-9

Émissions totales de CH₄ (t) =

$$\sum_y [(capacité\ de\ production\ de\ SiC \times utilisation\ de\ la\ capacité \times coefficient\ d'émission\ pour\ la\ production\ de\ SiC) + (capacité\ de\ production\ de\ CaC_2 \times coefficient\ d'émission\ pour\ la\ production\ de\ CaC_2)]$$

<i>y</i>	=	représente les entreprises
<i>capacité de production de SiC/CaC₂</i>	=	données recueillies auprès de l'industrie, en kt
<i>utilisation de la capacité</i>	=	d'après la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services, en %
<i>coefficient d'émission pour la production de SiC</i>	=	voir l'Annexe 6
<i>coefficient d'émission pour la production de CaC₂</i>	=	voir l'Annexe 6

Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 du CUPR)

Les installations qui produisent des scories de titane et du TiO₂ à l'aide du procédé au chlorure déclarent leurs principaux intrants de procédés (houille anthraciteuse et coke de pétrole, respectivement) au BDEE en tant qu'intrants énergétiques plutôt qu'intrants de procédés. Par conséquent, les émissions de scories de titane sont déclarées parmi les émissions des Métaux non ferreux du secteur de l'Énergie, et les émissions découlant de la production de TiO₂ selon le procédé au chlorure sont déclarées parmi les émissions des Produits chimiques du secteur Énergie. Pour tenir compte des données sur les activités et du contexte de l'estimation des émissions, les émissions de CO₂ de la catégorie Production de dioxyde de titane sont déclarées dans « Incluses ailleurs » (mention « IE ») dans le logiciel CRF Reporter.

Production de méthanol (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Lorsqu'elles étaient disponibles, les données sur les émissions de CO₂, de CH₄, et de N₂O 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, où les données sur la production des installations et les émissions ont servi à calculer un coefficient d'émission propre au pays pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Les valeurs de la production nationale de méthanol ont été tirées du CPI Product Profile de Camford pour 1990–1999, et on a estimé ces valeurs pour 2000–2006 à partir de l'utilisation présumée de la capacité (Cheminfo Services, 2010). Les données sur la production de méthanol sont considérées comme confidentielles de 1990 à 2006 et, par conséquent, nous les avons agrégées pour ces années dans les catégories 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) et 2.B.10 Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N₂O).

La production de méthanol a redémarré au Canada en 2011, dans une installation précédemment incluse dans l'inventaire. Les mêmes coefficients d'émission propres au pays ont été appliqués aux données de production rendues publiques par l'usine pour l'année de production 2011 (Cheminfo Services, 2015). Pour la période de 2012 à 2021, 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 et 2.B.10 du CUPR)

Deux études de consultation ont été demandées pour évaluer les sources d'émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O 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 du CUPR) et les émissions associées aux utilisations non énergétiques des combustibles (catégorie 2.D du CUPR).

Dans le cadre de la première étude (Cheminfo Services, 2010), un questionnaire a été envoyé au nom d'Environnement Canada à quatre entreprises qui produisaient de l'éthylène au Canada. Trois des quatre installations ont répondu de façon volontaire au questionnaire, lesquelles étaient responsables de 90 % de la capacité de production d'éthylène au Canada en 2009. Les données communiquées comprenaient les émissions et les valeurs de production pour les années 2007 à 2009, et ont servi à formuler les coefficients d'émission de N₂O au niveau des installations. La seconde étude (Cheminfo Services, 2015) examinait les combustibles utilisés par les producteurs canadiens d'éthylène pendant la période de 1990–2014 et les coefficients d'émission pour le CO₂ et le CH₄ au niveau 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 de type de combustible utilisé dans leur production. Les coefficients d'émissions 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 les années 2007 à 2009. Les données pour la période de 2008 à 2021 sont tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. Les coefficients d'émission pour chaque installation sont confidentiels, car ils ont été calculés à partir de données commerciales sensibles. Cependant, on trouve à l'Annexe 6 les coefficients d'émission moyens pour l'ensemble de l'industrie.

Quand une installation déclarait directement les émissions de GES issues de procédés, ces données étaient utilisées aux fins de l'inventaire. Quand les données n'étaient pas disponibles, on procédait à une estimation de ces émissions à l'aide de la production d'éthylène estimée (une répartition est faite 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 N₂O pour 2007 et 2008 ont été déclarées dans la catégorie 2.B.10 Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N₂O) en raison du caractère confidentiel des données de production sur le noir de charbon.

Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.8.c du CUPR)

Les données sur les émissions de CH₄ 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 ayant cessé leurs activités et aucune réponse à un questionnaire ne pouvant être fournie pour les données antérieures, on a appliqué 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) pour établir des estimations des émissions de CH₄ 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, qui a été préparé et publié par un consultant indépendant qui fournit de l'information commerciale à l'industrie chimique canadienne. On trouve dans ce rapport 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 CH₄ 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 pour les 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). En raison du caractère confidentiel des données sur les activités, les émissions de CH₄ sont déclarées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) du CUPR.

Production d'oxyde d'éthylène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Les émissions de CO₂ et de CH₄ 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 les coefficients d'émission par défaut. Les coefficients d'émission de niveau 1 appropriés au CO₂ et au CH₄ 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).

Étant donné que toutes les usines d'oxyde d'éthylène utilisent de l'oxygène pur comme réactif, les coefficients d'émission de CO₂ utilisés pour toutes les usines ont été choisis dans la liste de coefficients d'émission pour la configuration des procédés à l'oxygène. Dans l'ensemble des coefficients d'émission pour cette configuration de procédés, les coefficients d'émission

ont été choisis en fonction des sélectivités du catalyseur propre à l'usine. Lorsqu'il n'y a aucun coefficient d'émission correspondant à la sélectivité exacte du catalyseur propre à l'usine, on obtient le coefficient d'émission en interpolant entre les deux coefficients d'émission propres à la sélectivité du catalyseur les plus proches. Puisqu'aucune donnée sur la sélectivité du catalyseur n'a été obtenue pour deux usines pendant l'étude par consultation, nous avons choisi le pourcentage de sélectivité du catalyseur par défaut (le plus faible), ce qui a donné le coefficient d'émission le plus élevé. De même, à cause d'un manque d'information, nous avons estimé les émissions de CH₄ pour toutes les usines ayant utilisé le coefficient d'émission de la configuration de procédé « traitement non thermique » par défaut. Le coefficient d'émission de CO₂ moyen à l'échelle du secteur ainsi que le coefficient d'émission de CH₄ par défaut sont présentés dans le tableau A6.2-4.

Les données de production nationale pour les années 1990 à 2009 ont été tirées du Canadian C2+ Petrochemical Report dans le cadre de l'étude Cheminfo de 2010. Nous avons attribué les données nationales de production aux usines et les avons utilisées pour calculer les émissions par usine au prorata de la capacité de production nationale. Pour l'année 2016 et les suivantes, les données sur les activités proviennent des données de production de chaque usine ou entreprise déclarées à l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. En 2016, toutes les usines ont déclaré leur production de façon indépendante à cette enquête. En 2017 et en 2018, une entreprise a déclaré la production totale d'oxyde d'éthylène combinée de ses deux usines. Nous avons réparti la production combinée d'après les contributions en 2016 de chaque usine à la production totale de l'entreprise. De 2019 à 2021, la même entreprise n'avait pas déclaré de production d'oxyde d'éthylène à l'enquête et avait expliqué qu'elle avait cessé de suivre ses données de production sur l'oxyde d'éthylène, car c'était un produit intermédiaire. Pour combler les données de production manquantes, Statistique Canada a attribué les données de production en réduisant les données (monétaires) d'expédition de l'entreprise de 2019 à 2021 qu'elle a fournies à l'Enquête annuelle sur les manufactures et l'exploitation forestière ou les enquêtes mensuelles sur les industries manufacturières pour calculer la croissance réelle depuis 2018. Nous avons ensuite appliqué les taux de croissance aux données de production déclarées en 2018 pour calculer les données de production de 2019 à 2021, lesquelles ont été ensuite réparties entre les deux usines d'après leur contribution respective de 2016 (les dernières disponibles) au prorata du total de l'entreprise.

Aucune donnée de production n'est disponible pour la période s'échelonnant de 2010 à 2015. Par conséquent, les données de chaque installation ont été interpolées de façon linéaire entre 2009 et 2016 afin de compléter la série chronologique.

Pour protéger les données confidentielles sur les activités relatives à l'oxyde d'éthylène, les émissions de CH₄ ont été déclarées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) pour l'ensemble de la série chronologique. De plus, pour protéger les données confidentielles sur les activités relatives au méthanol, les émissions de CO₂ ont été déclarées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) pour les années 1990 à 2006.

Production de noir de carbone (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Les émissions de CH₄ et de N₂O 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 à trois installations de production de noir de carbone. Les trois installations ont fourni des données sur la capacité de noir de carbone pour 1990–2009, 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 CH₄ ont été calculés comme des moyennes pondérées des données déclarées pour 2007–2009. Deux coefficients d'émission pour l'ensemble du secteur, soit un pour le CH₄ et un autre pour le N₂O, 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 CH₄/t de produit et 0,032 kg de N₂O/t de produit).

La valeur du coefficient d'émission de CH₄ pour l'ensemble du secteur est inférieure à la valeur par défaut du GIEC de 11 kg de CH₄/t de produit. On pense que le CE par défaut du GIEC, qui est fondé sur une seule étude, a inclus le CH₄ issu de la combustion de combustibles. Le coefficient d'émission du Canada comprend seulement le CH₄ 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 fournissait directement des données sur les émissions de procédés, ces données étaient indiquées dans l'inventaire. Cependant, quand ces données n'étaient pas disponibles, les émissions étaient estimées en multipliant la production de noir de carbone (déclarée ou estimée) par le coefficient d'émission propre à l'installation ou de l'ensemble du secteur. La production estimée de noir de carbone a été calculée en soustrayant de la production nationale de noir de carbone le total de toute la production de noir de carbone déclarée; elle est ensuite répartie à chacune des installations non déclarantes en proportion de leur capacité de production. Les données sur la production nationale de noir de carbone sont tirées du CPI Product Profile de Camford pour la période 1990–1995 et des déclarations des entreprises pour 2007–2009. On a calculé par interpolation les émissions pour les années entre ces deux périodes

(soit de 1996 à 2006) en se basant sur le taux de croissance moyen du secteur pour 1990–1994. La production totale du secteur pour chaque année de la période de 1996 à 2006 a été calculée en multipliant le taux de croissance moyen du secteur par la production totale du secteur de l'année précédente (à compter de 1995). Les données sur la production de noir de carbone pour les années 2010 à 2021 sont tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques.

Pour protéger les données confidentielles sur les activités relatives au noir de carbone, les émissions de CH₄ ont été déclarées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) et les émissions de N₂O l'ont été dans la catégorie 2.B.10 Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N₂O) pour les années 1990 à 2008.

Production de styrène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Les émissions de CO₂ issues de 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. Du CH₄ pourrait être présent ainsi que des réactifs de procédé, de l'éthylène et du benzène, lesquels seraient émis si ces flux de procédés ou récupérés n'étaient pas évacués. Les émissions fugitives de ces flux contiendraient également du méthane (Cheminform Services, 2010).

Faute de données provenant des installations, une approche de niveau 1 a été utilisée pour estimer les émissions de CH₄ 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, on suppose que la production est la même qu'en 2009. Pour les années 2012 à 2021, 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 CH₄ 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 CH₄ ont été déclarées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) pour l'ensemble de la série chronologique.

Les données sur les activités relatives à plusieurs catégories de produits pétrochimiques contiennent des données confidentielles qui doivent être protégées certaines années de la série chronologique. Le Tableau 4–8 présente, par période de la série chronologique, les catégories dont les émissions estimatives de GES associées doivent être agrégées dans leur déclaration selon le CUPR. Les émissions de CO₂ et de CH₄ sont agrégées dans la catégorie 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO₂ et de CH₄) et celles du N₂O le sont dans la catégorie 2.B.10 Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N₂O).

Tableau 4–8 **Catégories comprises dans le nœud confidentiel du CUPR**

	1990–2006	2007–2008	2009–présent
Méthanol	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	-
Éthylène	-	N ₂ O	-
Dichlorure d'éthylène et chlorure de vinyle monomère	CH ₄	-	-
Oxyde d'éthylène	CO ₂ , CH ₄	CH ₄	CH ₄
Noir de carbone	CH ₄ , N ₂ O	CH ₄ , N ₂ O	-
Styrène	CH ₄	CH ₄	CH ₄
Note :			
“-” indique qu'il n'y a aucune agrégation.			

Production fluorochimique (émissions de sous-produits, catégorie 2.B.9.a du CUPR)

Pour estimer les émissions de HFC-23 associées à la production de HCFC-22, on a multiplié la production totale de HCFC-22 par le coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC, soit 0,04 t de HFC-23/t de HCFC-22 produite (GIEC, 2006). On a 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 HCFC²¹.

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10 du CUPR, Autres [autres utilisations de l'urée – émissions de CO₂])

Les Lignes directrices 2006 du GIEC ne renferment pas de méthode pour estimer les émissions provenant des autres utilisations de l'urée. Comme on croit que le contexte canadien est semblable à celui des États-Unis pour cette catégorie, la méthodologie canadienne (voir l'Équation 4–10) a été dérivée de celle décrite dans le National GHG Inventory²² des É.-U.

Équation 4–10

Émissions totales de CO₂ (t) =

$$[U_{\text{production}} - U_{\text{engrais}} + U_{\text{importations}} - U_{\text{exportations}} - (U_{\text{NAU engrais}} - U_{\text{NAU importations}}) - U_{\text{NAU exportations}} - U_{\text{RCS}}] \times CE$$

$U_{\text{production}}$	=	urée produite au Canada (t)
$U_{\text{engrais}}, U_{\text{NAU engrais}}$	=	urée épandue comme engrais (t) sous forme d'urée et de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU)
$U_{\text{importations}}, U_{\text{NAU importations}}$	=	urée importée au Canada (t) sous forme d'urée ou de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU)
$U_{\text{exportations}}, U_{\text{NAU exportations}}$	=	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

Les données sur la production totale nationale d'urée pour les années 2008 à 2017 ont été tirées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. Nous avons obtenu les données totales nationales d'urée pour les années 2018 à 2021 en faisant la somme des données de production par installation déclarées au PDGES (ECCC, 2022). Pour les années 1990 à 2007, la production d'urée a été estimée sur la base de la production réelle d'ammoniac et du rapport moyen ammoniac/production d'urée pour chaque usine. Nous avons fait la somme des valeurs totales de la production des usines pour déterminer la production totale nationale d'urée.

Les données exhaustives à l'échelle nationale sur les importations et les exportations d'urée et de nitrate d'ammonium et d'urée pour les années 1990 à 2021 ont été tirées de l'application Web sur le commerce international canadien des marchandises de Statistique Canada²³.

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 en fonction des émissions estimées, dont il est question à la section 4.14 et qui ont été déclarées dans la catégorie 2.D.3 du CUPR.

On suppose 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. On suppose 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. Les experts de l'équipe d'examen ont reçu le solde complet d'urée qui l'ont révisé pour répondre à un commentaire de ces experts formulé lors de la révision de l'inventaire en 2021.

Pour estimer le CO₂ émis par les Autres utilisations de l'urée, un coefficient d'émission de 0,733 kg de CO₂ émis/kg d'urée utilisée est appliqué. Ce coefficient correspond à la quantité stœchiométrique de CO₂ requise pour produire de l'urée, en supposant la conversion complète de l'ammoniac et du CO₂ en urée (GIEC, 2006). Le même coefficient est utilisé comme coefficient d'émission selon l'hypothèse que tout le CO₂ contenu dans l'urée produite est émis au moment de l'utilisation de l'urée.

21 Bovet Y., et Y. Guilbault. 2004–2006. Communications personnelles (courriels envoyés par Y. Bovet et Y. Guilbault à A. Au, Environnement Canada, pendant les années 2004 à 2006). Section de l'utilisation des produits et de l'application de contrôles (SUPAC).

22 Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2016 (version de 2018). En ligne à l'adresse : https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/2018_complete_report.pdf, p. 4-28. (en anglais seulement).

23 Statistique Canada, Application Web sur le commerce international canadien de marchandises. En ligne à l'adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/71-607-x/71-607-x2021004-fra.htm>.

4.9.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Production de carbure (catégorie 2.B.5 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été effectuée pour la catégorie de Production de carbure (Cheminfo Services, 2010) d'après les connaissances d'experts, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Pour ce qui est des données sur la capacité de production de carbure, un degré d'incertitude de ± 5 % est appliqué lorsque les installations ne fournissent aucun degré d'incertitude dans le cadre d'un sondage. La plage d'incertitude associée à l'ensemble de cette catégorie pour la série chronologique durant laquelle les émissions ont eu lieu (1999–2001) varie de ± 16 à ± 27 % (Cheminfo Services, 2010).

Production de méthanol (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée par Cheminfo Services (2010) pour la sous-catégorie de la Production de méthanol, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Cheminfo Services (2010) n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, on a utilisé des degrés d'incertitude fondés sur les connaissances d'experts aux fins de l'analyse.

L'incertitude associée à cette catégorie dans son ensemble pour la série chronologique a varié de ± 7 % à ± 20 % pour les émissions de CH_4 , de ± 11 % à ± 30 % pour les émissions de N_2O et de ± 4 % à ± 11 % pour les émissions de CO_2 .

Production d'éthylène (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée par Cheminfo Services (2010, 2015) pour la sous-catégorie de la Production d'éthylène, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Dans le cadre de cette étude (Cheminfo Services, 2010), il a été demandé aux répondants de fournir leur meilleure estimation de l'incertitude associée à chaque variable déclarée. Comme très peu de répondants ont présenté une estimation, on a utilisé des degrés d'incertitude fondés sur les connaissances d'experts aux fins de l'analyse.

Les degrés d'incertitude des estimations des émissions pour l'ensemble de la série chronologique ont varié de ± 7 % à ± 12 % dans le cas du CH_4 , de ± 12 % à ± 21 % dans le cas du N_2O et de ± 4 % à ± 7 % pour le CO_2 .

Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée par Cheminfo Services (2010) pour la sous-catégorie de la Production de dichlorure d'éthylène, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Cheminfo Services (2010) n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, on a utilisé des degrés d'incertitude fondés sur les connaissances d'experts aux fins de l'analyse. On a estimé à ± 21 % le degré d'incertitude associé à cette catégorie dans son ensemble pour la série chronologique (Cheminfo Services, 2010).

Production d'oxyde d'éthylène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de Monte-Carlo a été réalisée pour la sous-catégorie de la Production d'oxyde d'éthylène, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, et toutes les années de la série chronologique ont été évaluées. Cheminfo Services (2010) n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, on a utilisé des degrés d'incertitude fondés sur les connaissances d'experts dans l'analyse de Monte-Carlo. Les incertitudes relatives aux données sur les activités à l'échelle de l'usine et à l'échelle nationale, à l'attribution par usine des données sur les activités à l'échelle nationale, à la période d'interpolation et aux coefficients d'émission à l'échelle de l'usine ont été ajoutées à l'évaluation.

Les incertitudes associées aux estimations de 1990 sont de $\pm 8,0$ % et de $\pm 37,8$ % pour les émissions de CO_2 et de CH_4 et celles de 2021 sont de $\pm 7,3$ % et de $\pm 30,6$ % pour les émissions de CO_2 et de CH_4 . L'incertitude relative aux estimations a généralement diminué au fil du temps en raison de l'augmentation du nombre d'installations en activité et du recours aux données sur les activités à l'échelle de l'usine plutôt que l'attribution fondée sur la capacité. Une exception à cette tendance s'est produite pendant la période d'interpolation des données sur les activités s'étendant de 2010 à 2015. L'année 2016 est l'année cumulant le moins d'incertitudes, car toutes les données sur les activités à l'échelle de l'usine ont été fournies par les installations. Les coefficients d'émission sont le paramètre qui contribue le plus à l'incertitude globale des estimations.

Pour combler les lacunes dans les données (2010 à 2015), la méthode d'interpolation utilisée est conforme à celle du chapitre 5 du volume 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Production de noir de carbone (catégories 2.B.8 et 2.B.10 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée par Cheminfo Services pour la sous-catégorie de la Production de noir de carbone, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Dans le cadre de cette étude (Cheminfo Services, 2010), on a demandé aux répondants de fournir leur meilleure estimation de l'incertitude associée à chaque variable déclarée. Comme très peu de répondants ont présenté une estimation, on a utilisé des degrés d'incertitude fondés sur les connaissances d'experts aux fins de l'analyse.

Les degrés d'incertitude associés à cette catégorie varient de $\pm 6\%$ à $\pm 11\%$ pour les émissions de CH_4 , de $\pm 11\%$ à $\pm 13\%$ pour les émissions de N_2O , et de $\pm 2\%$ à $\pm 7\%$ pour les émissions de CO_2 .

Production de styrène (catégorie 2.B.8 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée par Cheminfo Services (2010) pour la sous-catégorie de la Production de styrène, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Cheminfo Services n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, on a utilisé des degrés d'incertitude fondés sur les connaissances d'experts de l'industrie aux fins de l'analyse. L'incertitude de niveau 1 associée aux émissions de CH_4 provenant de la production de styrène varie de $\pm 20\%$ à $\pm 22\%$.

Production fluorochimique (émissions de sous-produits, catégorie 2.B.9.a du CUPR)

L'incertitude relative aux estimations des émissions de HFC-23 n'a pas été mesurée. Cependant, il est possible que les données sur la production soumises par les producteurs de HCFC-22 fussent raisonnablement précises. Une source importante d'incertitude pourrait être attribuée au coefficient d'émission par défaut de niveau 1, lequel ne tient pas compte des conditions propres à chaque installation, car la corrélation entre la quantité des émissions de HFC-23 et le taux de production du HCFC-22 peut varier selon l'infrastructure de l'installation et les conditions d'exploitation (GIEC, 2006). Selon les Lignes directrices 2006 du GIEC, un facteur d'incertitude de 50 % peut convenir à l'estimation de la production de HFC de niveau 1.

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10 du CUPR [Autres utilisations de l'urée – émissions de CO_2])

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la sous-catégorie Autres utilisations de l'urée conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

L'évaluation a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production d'urée, aux données sur les importations et les exportations, aux données sur l'utilisation de l'urée en agriculture, aux données sur l'urée utilisée dans les convertisseurs catalytiques et au facteur de conversion urée/ CO_2 . De plus, il est supposé que l'incertitude associée à la valeur calculée d'urée disponible au cours d'une année donnée pour d'autres utilisations était élevée en raison de l'hypothèse selon laquelle toute l'urée est convertie en CO_2 , sans égard à la nature du produit final. L'incertitude globale associée aux estimations des émissions de CO_2 provenant d'autres utilisations de l'urée variait de $\pm 6,5\%$ à $\pm 9,6\%$.

4.9.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les estimations d'émissions de CO_2 pour les catégories de la production pétrochimique et de noir de carbone et la catégorie de la Production fluorochimique ont fait l'objet de contrôles de la qualité (CQ) de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ, énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

Les estimations des émissions des deux autres GES (c.-à-d. CH_4 et N_2O) pour les mêmes catégories ont fait l'objet de vérifications informelles de contrôle de la qualité.

Outre les vérifications de la liste de vérification de CQ de niveau 1, les vérifications informelles suivantes sont menées relativement à la production d'oxyde d'éthylène :

- s'assurer que les données sur les activités sont déclarées pour une année civile et que les données manquantes soient 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
- vérifier les données nouvelles ou révisées sur les activités pour repérer les différences interannuelles inexplicables supérieures à 10 %, et contacter les sources de données pour confirmer et obtenir des explications, le cas échéant

La vérification informelle suivante est également effectuée pour la catégorie Autres utilisations de l'urée en plus de la liste de vérification de CQ de niveau 1 :

- comparer la somme des données de production d'urée déclarées par les installations reçues dans le cadre du PDGES (ECCC, 2022) 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

4.9.5. Recalculs par catégorie

Production d'éthylène (catégorie 2.B.8 du CUPR et catégorie 2.B.10 du CUPR)

Les émissions découlant de la Production d'éthylène ont été calculées à nouveau pour la période s'échelonnant de 2016 à 2020 en raison de changements du type de matières premières employées à deux installations et, par conséquent, les coefficients d'émission ont été mis à jour. Les émissions ont diminué, variant de 31 kt éq. CO₂ (1,7 %) à 432 kt éq. CO₂ (18,9 %).

Autres utilisations de l'urée (catégorie 2.B.10 du CUPR - Autres [Autres utilisations de l'urée – Émissions de CO₂])

Les émissions estimatives des Autres utilisations de l'urée ont été recalculées, donnant comme résultats une diminution pour toutes les années, la variation maximale ayant été de -71 kt (-14 %) en 2014. Ces recalculs sont dus aux résultats à la hausse des révisions apportées aux données d'exportation de Statistique Canada pour l'urée et les mélanges d'engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée pour toutes les années, ainsi qu'aux émissions estimatives révisées pour l'urée utilisée comme fluide d'échappement diesel dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) pour les années 2008 à 2020 en raison de mises à jour à la méthodologie dans le secteur Énergie (Transports).

4.9.6. Améliorations prévues par catégorie

Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 du CUPR)

Dans des rapports d'inventaires antérieurs, la catégorie Production de dioxyde de titane était considérée comme peu importante et la mention « non estimée » (« NE ») était déclarée dans le logiciel CRF Reporter d'après une estimation de niveau 1 menée en 2010 qui comprenait le TiO₂ produit à l'aide du procédé au chlorure dans une installation. Il a été découvert, d'après un examen interne récent, que cette évaluation était inachevée et que des scories de titane avaient également été produites au Canada pendant toute la série chronologique dans une installation. À l'aide des quantités de matières consommées et produites dans le procédé de scories de titane et des teneurs en matières carbonées déclarées dans les rapports provinciaux présentés au PDGES fédéral de 2017 à 2019, les émissions estimatives de cette catégorie pourraient être importantes (plus de 500 kt éq. CO₂).

Comme indiqué à la section 4.9.2 du présent rapport d'inventaire, en raison des données inexactes des installations déclarées au BDEE, les émissions provenant des principales matières consommées (houille anthraciteuse et coke de pétrole) et attribuables aux procédés industriels sont actuellement déclarées comme des émissions de CO₂ de la catégorie Industries manufacturières et Construction (catégorie 1.A.2 du CUPR) du secteur de l'Énergie. Par conséquent, les émissions de la Production de dioxyde de titane sont actuellement indiquées dans le CUPR avec la mention « IE » (incluses ailleurs).

Étant donné l'importance que pourrait avoir cette catégorie, l'équipe responsable de l'inventaire étudie les sources de données pour estimer les émissions des procédés industriels dans la catégorie appropriée. Par exemple, l'équipe responsable de l'inventaire s'efforce de coordonner l'établissement d'une entente de partage de données avec le gouvernement de la province de Québec et les deux installations. Cette entente de partage des données pourrait permettre à l'équipe responsable de l'inventaire d'utiliser les données recueillies par la province pour toute la série chronologique, sur les niveaux de production et les quantités consommées et produites au moyen de procédés qui faciliteraient le recours à la méthode de niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour estimer les émissions attribuables aux procédés industriels.

En raison de la nature différente et non concurrentielle des produits manufacturés des deux installations (scories de titane destinées à être utilisées dans les procédés de chlorure ou de sulfate plutôt que produit fini de TiO₂), l'équipe responsable de l'inventaire vise à obtenir l'accord des installations pour publier les totaux de production et d'émissions de cette catégorie dans le RIN et le CUPR, malgré le fait que chacune d'elles pourrait être capable d'obtenir par calcul les données de l'autre. L'équipe responsable de l'inventaire s'efforcera également, à l'interne, de s'assurer que les émissions attribuables à la Production de dioxyde de titane sont rapprochées des émissions du secteur de l'Énergie pour éviter la double comptabilisation.

4.10. Production sidérurgique (catégorie 2.C.1 du CUPR)

4.10.1. Description de la catégorie

La catégorie de la production sidérurgique comptait pour 7 962 kt (1,2 %) des émissions totales du Canada en 2021, soit une baisse de 23 % 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. 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 CO₂ 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 CO₂ rejetées par le flux de calcaire dans le haut fourneau
- les émissions de CH₄ provenant de l'utilisation de coke métallurgique (comme agent réducteur)

4.10.2. Questions de méthodologie

Une méthode de niveau 2 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions imputables à la production d'acier (GIEC, 2006). La méthode tient compte des activités des installations canadiennes dont les coefficients d'émission pour le coke (CE_{coke_mét}) sont propres au Canada et de la teneur en carbone de la fonte brute. Pour des précisions sur le secteur canadien de la Production sidérurgique, veuillez consulter l'Annexe 3.3.

L'équation suivante a servi à estimer les émissions de CO₂ résultant de la production de fonte brute :

Équation 4-11

$$E_{CO2_{FB}} = (CE_{coke_{m\acute{e}t}} \times M_{coke_{m\acute{e}t}}) - (P_{Fb} \times TC_{FB}) \times (44/12)$$

$E_{CO2_{FB}}$	=	émissions issues des procédés de production de fonte brute, en kt
$CE_{coke_{m\acute{e}t}}$	=	coefficients d'émission (t de CO ₂ /t de coke métallurgique utilisé) pour des années spécifiques
M_i	=	masse de i utilisé ou produit, en kt; où i représente le coke métallurgique et le minerai
TC_i	=	teneur en carbone du i , en %; où i représente le coke métallurgique et la fonte brute
P_{Fb}	=	production de fonte brute, en kt
$44/12$	=	rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et le poids moléculaire du carbone

Aux fins des estimations des émissions de cette catégorie, on a posé l'hypothèse que l'agent réducteur utilisé dans l'industrie canadienne était du coke métallurgique dans 100 % des cas (Cheminfo Services, 2010). Les émissions de GES dues à l'utilisation d'agents réducteurs autres que le coke métallurgique sont estimées dans la catégorie industrielle qui convient dans le secteur de l'énergie.

L'utilisation du coke métallurgique a été établie à partir du *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, 1990–2021). Les données concernant la production totale de fonte brute au Canada proviennent des rapports de Statistique Canada de 1990 à 2003 et de 2004 à 2012 (numéros 41-001 et 41-019 au catalogue, respectivement) et de l'Association canadienne des producteurs d'acier (ACPA) pour 2013–2016 et du Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) pour les années 2017 à 2021 (ECCC, 2022). La catégorie Fonte brute (2.C.1.b) du CUPR comprend la production de fer par le procédé faisant appel au haut fourneau et la réduction directe et, à l'heure actuelle, ne peut être désagrégée, question de respecter la confidentialité.

Les coefficients d'émission pour l'utilisation de coke ($CE_{\text{coke_mét}}$) sont propres aux années 1990 à 2009 et sont tirés de l'étude menée par Cheminfo Services en 2010. Dans cette étude, Cheminfo Services a fait parvenir un questionnaire à quatre aciéries intégrées au Canada pour connaître leur consommation de coke et l'estimation de leurs émissions pour les années 1990 à 2009. Les coefficients d'émission correspondent à un ratio des émissions de CO_2 par rapport à l'utilisation du coke. Le coefficient d'émission du coke propre au Canada ($CE_{\text{coke_mét}}$) pour les années 2010 à 2016 a été estimé comme une moyenne de la valeur de 2009 de Cheminfo Services (2010) et la moyenne nationale annuelle des données du PDGES pour les années 2017 à 2019 (ECCC, 2022). Le coefficient d'émission du coke pour les années 2017 à 2021 était la moyenne nationale pour une année donnée de l'installation ayant fourni les données, telles que déclarées au PDGES (ECCC, 2022). Les teneurs en carbone du coke ont ensuite été appliquées à l'ensemble de données sur l'utilisation du coke fourni par Statistique Canada. Pour ce qui est de la teneur en carbone de la fonte brute, une valeur de la teneur moyenne pour l'industrie fournie par l'ACPA²⁴ a été utilisée pour les années 1990 à 2016. La moyenne nationale annuelle pondérée de la teneur en carbone déclarée par l'installation de la fonte brute a été utilisée pour les années 2017 à 2021, conformément au PDGES (ECCC, 2022).

Les émissions de CO_2 attribuables à la production d'acier ont été estimées à l'aide de l'équation suivante :

Équation 4–12

$$E_{CO2_acier} = [TC_{fer} \times M_{fer} + TC_{mitrilles\ d'acier} \times M_{mitrilles\ d'acier} - TC_{FOB} \times M_{FOB} - TC_{FEA} \times M_{FEA}] \times 44/12 + CE_{FEA} \times P_{FEA} + EF_{FOB} \times P_{FOB}$$

E_{CO2_acier}	=	émissions provenant de la production d'acier, en kt
TC_j	=	teneur en carbone du i , en %; où j représente la fonte brute ou les mitrilles d'acier chargées dans un four électrique à arc (FEA) ou dans un four à oxygène de base (FOB)
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 FOB, en kt

D'après l'Équation 4–12, 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 mitrilles d'acier servant à la fabrication de l'acier et la quantité de carbone qui se trouve dans l'acier produit dans les fours à oxygène de base (FOB) 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 4–12) n'est pas égale à la production totale de fonte brute (utilisée dans l'Équation 4–11). 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.

Les données sur la fonte brute totale et la ferraille d'acier chargées dans les fours sidérurgiques, et sur la quantité d'acier produite dans les FEA et les FOB proviennent de Statistique Canada pour les périodes 1990 à 2003 et 2004 à 2012 (numéros 41-001 et 41-019 au catalogue, respectivement) et de l'ACPA pour 2013 à 2017 et du PDGES pour les années 2018 à 2021. Les coefficients d'émission propres à une installation, provenant du PDGES, sont traités comme confidentiels, puisqu'elles proviennent de données commerciales sensibles. Cependant, une vaste gamme de coefficients d'émission nationaux et de teneurs en carbone est présentée à l'Annexe 6, reposant en partie sur les données de l'ACPA²⁵ et en partie sur les moyennes annuelles de toutes les installations au Canada déclarées au PDGES des années 2017 à 2021 (ECCC, 2022).

La méthodologie qui a servi à estimer les émissions de CO_2 du calcaire employé comme fondant dans les hauts fourneaux est décrite à la section 4.4.2.

L'estimation des émissions de CH_4 repose sur la masse de coke métallurgique employée (Statistique Canada, 1990–2021), multipliée par un coefficient d'émission. La valeur du coefficient d'émission applicable aux émissions de CH_4 résultant de l'utilisation de coke métallurgique dans l'industrie sidérurgique n'est pas présentée dans ce rapport, à des fins de confidentialité.

Les données sur l'utilisation de coke métallurgique à l'échelle provinciale provenant du BDEE (Statistique Canada, 1990–2021) ont servi à répartir les émissions nationales selon les provinces auxquelles elles s'appliquent.

24 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.
25 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.

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, on soustrait donc les émissions de CO₂ attribuables à la consommation d'électrodes dans le procédé de production d'acier dans les FEA des émissions totales non attribuables au secteur de l'énergie. On suppose qu'aucune électrode importée n'est utilisée pour produire de l'acier dans les FEA au Canada. Si les électrodes sont importées, il faut soustraire la proportion de CO₂ qui provient des émissions de la consommation d'électrodes avant de soustraire celles-ci du total des émissions non énergétiques.

4.10.3. 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 sidérurgie. On y a tenu 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, le coefficient d'émission du coke, 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 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 CO₂ et de CH₄ associées à cette catégorie étaient respectivement de $\pm 5,61$ % et ± 405 %.

4.10.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La production sidérurgique (CO₂) est une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

4.10.5. Recalculs par catégorie

Les émissions de CO₂ pour cette catégorie ont été recalculées en raison de révisions apportées aux données du BDEE et du PDGES. L'ampleur des recalculs variait de +0,03 kt d'éq. CO₂ à +120 kt d'éq. CO₂ et les recalculs ont touché la série chronologique des années 2017 à 2020.

4.10.6. Améliorations prévues par catégorie

Comme mentionné précédemment, une petite partie des émissions de CO₂ issues de procédés associés à la sidérurgie découle de l'utilisation d'agents réducteurs autres que le coke métallurgique, à savoir le gaz naturel et le charbon. Ces données sur les combustibles proviennent du BDEE; en raison de sa forme agrégée, on ne peut pour l'instant allouer la portion appropriée à la catégorie 2.C.1 du CUPR, Production sidérurgique.

Le gaz naturel employé comme agent réducteur dans la production de fer de réduction directe (FRD) et le charbon employé dans le procédé d'injection de charbon pulvérisé et de gaz naturel dans les hauts fourneaux sont actuellement déclarés dans le secteur de l'énergie (en tant que sources d'émissions de combustion dans la production sidérurgique). En outre, une fraction du charbon (agrégée avec les combustibles non énergétiques dans le BDEE) utilisée pour la production sidérurgique est actuellement déclarée dans la catégorie des produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (section 4.14).

À mesure que devient disponible l'information à l'appui (information qui permettrait de désagréger les données sur les combustibles provenant du BDEE), on prévoit allouer les émissions susmentionnées à la production sidérurgique, catégorie 2.C.1 du CUPR.

De plus, pendant l'intégration des données du PDGES dans le modèle Sidérurgie, les données sur les activités relatives à la production de fer des années 2013 à 2016 manquent dans la production par réduction directe et, par conséquent, cela a une incidence sur le coefficient d'émission correspondant de ces années.

4.11. Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)

4.11.1. Description de la catégorie

La catégorie de la production d'aluminium comptait pour 5 847 kt (0,9 %) des émissions du Canada en 2021, ce qui représente une baisse globale de 33 % 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, mais celles découlant spécifiquement de la combustion des matières volatiles émises au cours de la cuisson et celles découlant de la combustion de matériau de garniture de four à cuisson sont comptabilisées dans la catégorie de la production d'aluminium (GIEC, 2006).

Outre les émissions de CO₂, la fusion primaire de l'aluminium est une source importante de tétrafluorure de carbone (CF₄) et d'hexafluorure de carbone (C₂F₆), tous les deux traités dans le rapport. Le présent rapport traite également d'une petite quantité de SF₆ 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 aluminium²⁶. La consommation de SF₆ est hautement variable, selon le recours à l'une ou l'autre de ces opérations (utilisation de SF₆ 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 SF₆ 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 Söderberg, sont plus élevées que celles des usines plus récentes qui utilisent surtout des anodes précuites. La dernière fonderie d'aluminium utilisant la technologie Söderberg au Canada a fermé ses portes en 2015²⁷, et les 10 usines actuellement en activité ont concentré leurs efforts à moderniser leurs installations et à améliorer l'efficacité de leur production.

4.11.2. Questions de méthodologie

En date de 2013, les alumineries canadiennes en activité au Québec et en Colombie-Britannique ont déclaré leurs émissions de gaz à effet de serre selon les protocoles méthodologiques et les règles de déclaration de la Western Climate Initiative, qui concordent avec les méthodes présentées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. Dans le cadre d'un protocole d'entente conclu en 2012 avec l'Association de l'aluminium du Canada (AAC), Environnement Canada reçoit les mêmes ensembles de données que ceux fournis par les sociétés membres de l'AAC dans les provinces. En ce qui concerne les données à partir de 2018, les alumineries ont déclaré leurs émissions directement au PDGES d'ECCC (ECCC, 2022), dont les méthodes sont également conformes aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Les estimations des émissions propres à chaque fonderie, les données sur les méthodes utilisées par les producteurs d'aluminium pour calculer les émissions de CO₂, de PFC et de SF₆ et les données sur la production propre à chaque installation 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 SF₆ sont également 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. Elles sont résumées au Tableau 4–9. Toutes les installations au Canada ont déclaré des émissions de CO₂ déterminées à l'aide d'une méthode de niveau 3 depuis 2017, les émissions de PFC à l'aide d'une méthode de niveau 3 depuis 2016 et les émissions de SF₆ à l'aide d'une méthode de niveau 3 pour l'ensemble de la série chronologique. Le Tableau 4–9 présente les années auxquelles chaque aluminerie canadienne a pu effectuer la transition depuis une estimation de niveau 2 vers une estimation de niveau 3 à l'aide de paramètres propres à chaque installation. 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).

26 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.

27 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 4–9 **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	S.O.	1990–2000	S.O.	3	PS
Usine de Bauhamois	1990–2009	1990–2009	S.O.	1990–2009	S.O.	S.O.	S.O.
Usine Grande-Baie	1990–2021	1990–2007	2008–2021*	1990–1995	1996–2021	3	PS
Jonquière	1990–2004	1990–2004	S.O.	1990–2004	S.O.	S.O.	S.O.
Usine Arvida	1990–2021	1990–2007	S.O.	1990–2006	2007–2021	3	PS
AP-60	2013–2021	S.O.	2013–2021	2013–2015	2016–2021	3	PS
Usine Laterrière	1990–2021	1990–2007	2008–2021	1990–2013	2014–2021	3	PS
Usine Shawinigan	1990–2013	1990–2007	2008–2013	1990–2013	S.O.	S.O.	S.O.
Usine Alma	2000–2021	2000–2007	2008–2021*	2000–2007	2008–2021	3	PS
Kitimat	1990–2021	1990–2007	2008–2021*	1990–2006	2007–2021	3	PS
Alcoa							
Usine Becancour	1990–2021	1990–2016	2017–2021*	1990–2004	2005–2021	3	PS
Usine de Baie-Comeau	1990–2021	1990–2016	2017–2021	1990–2003	2004–2021	3	PS
Deschambault	1993–2021	1993–2016	2017–2021*	1990–2004	2005–2021	3	PS
Alouette							
Sept-Iles	1992–2021	1992–1994	1995–2021*	1990–2004	2005–2021	3	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). S.O. = sans objet							

4.11.3. 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 CO₂, de PFC et de SF₆). On y a tenu 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 CO₂, de PFC et de SF₆ sont de $\pm 7\%$, $\pm 9\%$ et $\pm 5\%$, respectivement. Pour les estimations de CO₂ 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 CO₂ et 2007 pour les PFC). On pense 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 SF₆, il est supposé que le degré d'incertitude est équivalent à la valeur par défaut attribuée à la catégorie Moulage du magnésium déterminée par la méthode de niveau 2, puisque la méthode utilisée pour obtenir les estimations des émissions de SF₆ est la même pour la Production d'aluminium et le Moulage du magnésium.

4.11.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les émissions de CO₂ et de PFC imputables à la production d'aluminium sont des catégories clés qui ont fait l'objet de contrôles de la qualité (CQ) de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

4.11.5. Recalculs par catégorie

Les émissions de CF₄ et de C₂F₆ ont été recalculées en raison de la mise à jour des données déclarées par les installations au PDGES. Les recalculs ont entraîné une augmentation des émissions de +14 kt éq. CO₂ pour les années 2019 et 2020.

4.11.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.12. Production de magnésium (catégorie 2.C.4 du CUPR)

4.12.1. Description de la catégorie

La production et le moulage de magnésium émettent du SF₆, qui est utilisé comme gaz de couverture pour prévenir l'oxydation des métaux en fusion. Le SF₆ n'est pas fabriqué au Canada, mais uniquement importé.

Au cours de la période 1990–2006, il y avait deux grands producteurs de magnésium au Canada : Norsk Hydro et Timminco Metals. Norsk Hydro a fermé ses portes pendant le premier trimestre de 2007 et Timminco Metals en août 2008. Un autre producteur, Métallurgie Magnola, a existé entre 2000 et 2003, mais a cessé ses activités en avril 2003. Entre 1990 et 2004, Norsk Hydro a investi dans des projets de recherche et développement visant à trouver un produit de remplacement au SF₆, et à éliminer, à terme, l'utilisation du SF₆ comme gaz de couverture dans son usine²⁸. Cette recherche et l'utilisation de divers gaz de remplacement ont permis de réduire considérablement les émissions de SF₆ entre le milieu et la fin des années 1990. L'augmentation importante de la production de magnésium en 1999–2000, relevée lors de l'examen par les experts (EEE), était due à la l'exploitation d'une nouvelle installation en 2000 et à l'utilisation accrue de SF₆ (de plus de 30 % entre 1999 et 2000) par les deux autres installations. De 2005 à 2007, les émissions de SF₆ de Norsk Hydro ont sensiblement diminué à la suite du ralentissement progressif de la production et de la fermeture de l'usine (en 2007). Une révision est effectuée régulièrement à l'interne pour faire en sorte que les activités de production de magnésium de toutes les nouvelles installations soient comprises dans l'estimation des émissions. Dans cette révision, il a été constaté qu'une entreprise de production de magnésium était en activité depuis 2020. Cette entreprise n'a toutefois pas produit d'émissions de SF₆, car elle n'emploie pas de SF₆ comme gaz de couverture.

On comptait 11 entreprises de moulage de magnésium en exploitation de 1990 à 2004 (Cheminform Services, 2005b). Seules quelques-unes ont utilisé du SF₆ chaque année durant cette période. Certaines fonderies se sont mises à utiliser du SF₆ vers le milieu ou la fin des années 1990, alors que d'autres l'ont remplacé par le dioxyde de soufre (SO₂). De 2005 à 2008, seules sept entreprises étaient en activité et utilisaient encore du SF₆. Deux entreprises ont cessé leurs activités de moulage du magnésium à différentes périodes de 2009 (l'une en juin et l'autre en décembre), dont l'une a déménagé aux États-Unis.

Selon les estimations, les cinq entreprises de moulage de magnésium toujours en exploitation ont rejeté environ 139 kt d'éq. CO₂ en 2021 (< 0,1 % des émissions du Canada).

Pour donner suite aux commentaires formulés par les experts de l'équipe d'examen en 2017, les émissions produites par le moulage du magnésium, auparavant incluses dans la catégorie 2.C.7 du CUPR, sont déclarées dans la catégorie 2.C.4 du CUPR conjointement avec les émissions de SF₆ provenant de la production primaire de magnésium, et ce, à partir du rapport d'inventaire de 2018.

4.12.2. Questions de méthodologie

Les données relatives aux émissions de SF₆ imputables à la production de magnésium de 1999 à 2007 ont été directement déclarées par les entreprises (Norsk Hydro, Timminco Metals et Métallurgie Magnola inc.) dans le cadre de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP). Les estimations des émissions utilisées dans ce rapport proviennent de la base de données en ligne de l'INRP (Environnement Canada, 1990–2007). Les données des années antérieures (1990 à 1998) ont été fournies sur une base volontaire à Environnement Canada, dans le cadre de communications personnelles. Étant donné que Timminco n'a déclaré aucune donnée pour 2008, la valeur de ses émissions de SF₆ a été estimée en fonction des données de 2007 et du nombre de mois d'exploitation de ses installations en 2008 (soit sept mois). À partir de 2009, il n'était plus nécessaire de recueillir de données, puisque plus aucune installation ne produisait du magnésium au Canada.

En 2006, Norsk Hydro et Timminco ont été sondées sur leur méthode d'estimation des émissions de SF₆. Les deux entreprises ont déclaré avoir estimé les émissions en formulant l'hypothèse que les émissions de SF₆ sont équivalentes à la consommation de SF₆. Elles ont cependant utilisé des méthodes différentes pour estimer leur consommation de SF₆. Norsk Hydro a utilisé la méthode de différence de poids²⁹, suivant 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, selon laquelle on comptabilise les achats livrés et les changements dans l'inventaire du SF₆ utilisé³⁰. Cette méthode fait le bilan de la comptabilité des achats reçus et des changements à l'inventaire de SF₆ consommé. Les achats doivent correspondre aux volumes réels reçus pendant la période de l'année civile en question et, par conséquent, les inventaires de début et de fin d'année doivent être pris en considération.

28 Laperrière J. 2004. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 27 octobre 2004). Norsk Hydro.

29 Laperrière J. 2004. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, Environnement Canada, daté du 4 octobre 2006). Norsk Hydro.

30 Katan R. 2006. Communication personnelle (courriels de R. Katan à A. Au, Environnement Canada, daté du 16 au 22 mars 2006). Timminco.

La technique utilisée pour estimer les émissions imputables à la production de magnésium est considérée comme étant une méthode de niveau 2, car elle repose sur la déclaration des données relatives aux émissions par chaque usine.

Dans la méthode d'estimation des émissions de SF₆ des entreprises de moulage, il est tenu pour acquis que la totalité des émissions de SF₆ utilisé comme gaz de couverture sont rejetées dans l'atmosphère. Les données sur la consommation de SF₆ pour la série chronologique 1990 à 2021 proviennent d'une combinaison de sources de données. De 1990 à 2004, il existait 11 entreprises de moulage. De ces entreprises, deux ont fermé en 2000 et deux autres en 2003. La plupart des entreprises ont fourni des données sur la consommation de SF₆ à l'étude de Cheminfo Services (2002) et à celle de Cheminfo Services (2005b). Des questionnaires ont également été remplis par des entreprises qui n'avaient pas participé aux études de Cheminfo afin de recueillir des données.

Pour 2005-2007, des données sur la consommation de SF₆ ont été fournies sur une base volontaire par les sept entreprises de moulage en service. Elles ont servi à calculer les émissions. Pour 2008, des données ont également été fournies sur une base volontaire par six des sept entreprises de moulage en service. En ce qui concerne la septième entreprise, on a présumé que sa consommation de SF₆ en 2008 n'avait pas changé par rapport à 2007. Cependant, des données ont pu être recueillies pour 2009 auprès des sept entreprises. Deux d'entre elles, qui ont cessé leurs activités de moulage du magnésium en 2009, n'étaient pas en mesure de déclarer leur utilisation de SF₆ en 2009, mais ont fourni des hypothèses raisonnables qui pouvaient servir à estimer l'utilisation de SF₆ pour 2009. Les cinq autres entreprises ont fourni des données sur la consommation de SF₆ pour 2009. Pour les années 2014 à 2019, les données sur l'utilisation de SF₆ ont été fournies par quatre des cinq entreprises de moulage en service dans le cadre d'une collecte de données à participation volontaire. Pour 2021, deux des cinq entreprises ont fourni des données sur le SF₆ dans le cadre d'une collecte de données à participation volontaire, tandis que deux autres entreprises ont déclaré leurs émissions de SF₆ au PDGES. Les installations ayant déclaré leurs émissions au PDGES ont confirmé que les émissions de SF₆ déclarées pour l'année 2020 étaient uniquement les émissions découlant de l'emploi de SF₆ comme gaz de couverture. La situation est considérée la même pour les années ultérieures. Dans les cas où les données sur l'utilisation de SF₆ d'une entreprise n'étaient pas disponibles de 2010 à 2021, nous avons estimé les émissions de SF₆ d'après les données de production provinciale brutes. Plus précisément, un rapport de la « production provinciale brute pour une année à laquelle l'installation n'a pas fourni de données sur l'utilisation de SF₆ » sur la « production provinciale brute pour l'année la plus récente à laquelle l'installation a fourni des données sur l'utilisation de SF₆ » a été calculé. Nous avons ensuite estimé les émissions de SF₆ (pour les années où il n'y avait aucune donnée sur l'utilisation de SF₆) en multipliant ce rapport par la valeur des émissions de SF₆ la plus récente de chaque installation.

La consommation de SF₆ a été estimée par les entreprises à l'aide d'un vaste éventail de méthodes, la méthode de comptabilisation étant la plus courante. Parmi les autres méthodes, notons : le calcul au prorata d'après la production, la pondération dans l'inventaire et les différences dans l'inventaire, ainsi que le calcul de la consommation annuelle fondée sur le nombre de bouteilles de SF₆ consommées pendant une période dans l'année. La méthode utilisée pour estimer les émissions imputables au moulage de magnésium pour 1990–2004, 2008–2009 et 2010–2021, pour les installations où les données sur l'utilisation de SF₆ ont été estimées d'après les données de la production provinciale brute ou calculées à partir des valeurs déclarées découlant de la production de magnésium et du moulage du magnésium, est considérée comme une méthode de niveau 2 (GIEC, 2006). Pour les années 2005 à 2007 et les années 2010 à 2021 (pour les installations qui ont fourni directement les données sur le SF₆), la méthode d'estimation des émissions est de niveau 3.

4.12.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation combinée de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la Production de magnésium et le Moulage du magnésium. On y a pris en compte l'incertitude associée aux données sur le SF₆ déclarées par chaque installation. Le degré d'incertitude pour cette catégorie a varié de $\pm 2,6$ % à $\pm 20,8$ % de 1990 à 2021.

La méthodologie, qui établit une équivalence entre la consommation de SF₆ comme gaz de couverture et les émissions de SF₆, est appliquée à toute la série chronologique moyennant certaines hypothèses pour certaines années, comme on l'a vu dans la section sur la méthodologie.

4.12.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La catégorie de la Production de magnésium a fait l'objet de contrôles de la qualité (CQ) de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Le processus actuel de contrôle de la qualité au Canada comprend une étape (l'étape 4.4) qui est consacrée à la détection des fluctuations importantes (p. ex., de la production ou des coefficients d'émission implicites).

La catégorie du Moulage du magnésium a fait l'objet de contrôles de la qualité informels.

4.12.5. Recalculs par catégorie

Les estimations des émissions pour 2010 à 2020 ont été recalculées pour le Moulage du magnésium en raison de la mise à jour des données sur la production brute et de l'ajout de la mise à jour des données de consommation de SF₆ fournies par les installations de moulage de magnésium en activité.

Les changements se situaient entre -2,2 kt et +0,3 kt.

4.12.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est prévue pour la Production de magnésium.

4.13. Production de plomb et de zinc (catégories 2.C.5 et 2.C.6 du CUPR)

4.13.1. Description de la catégorie

Pendant toute 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 toute 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.

Une estimation des émissions selon une méthode de niveau 1 a été réalisée pour la production de plomb et de zinc d'après les données de production à l'échelle nationale. Cependant, après un examen approfondi, les émissions découlant de l'utilisation de réducteurs représentent la grande 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 du CUPR pour la Production de plomb et à la catégorie 2.C.6 du CUPR pour la Production de zinc. Par conséquent, les émissions sont actuellement prises en compte dans la catégorie 2.D.3 du CUPR pour Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés) et la catégorie 1.A.2.b pour les Métaux non ferreux. À l'heure actuelle, des travaux sont en cours pour trouver une méthode permettant de désagréger la quantité de réducteurs utilisée pendant toute la série chronologique.

4.14. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant et utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélectif (catégorie 2.D.3 du CUPR)

4.14.1. Description de la catégorie

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (catégorie 2.D.3 du CUPR)

La catégorie des produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant 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, on peut citer l'utilisation de liquides du 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 CO₂. 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 nettoyeurs 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. Lorsque les émissions de CO₂ 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 pour éviter une double comptabilisation. Pour des précisions sur la méthode utilisée pour calculer les émissions de cette catégorie, veuillez consulter l'Annexe 3, section A3.3.3.

La catégorie des produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant représentait 11 039 kt (1,6 %) des émissions totales du Canada en 2021, une hausse de 10,7 % depuis 2005.

On a examiné la possibilité de dissocier les graisses et huiles lubrifiantes de la catégorie des produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant, et de déclarer les émissions de CO₂ connexes dans la catégorie 2.D.1 du CUPR au lieu de la catégorie 2.D.3. Cependant, les résultats montrent que la déclaration des émissions de CO₂ associées à l'utilisation de graisses et huiles lubrifiantes dans une catégorie distincte du CUPR peut nuire à la protection des données confidentielles sur les activités. Par conséquent, ces émissions continueront d'être incluses dans la catégorie 2.D.3.

Émissions de CO₂ imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) (catégorie 2.D.3 du CUPR)

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. Les émissions de CO₂ dans le gaz d'échappement des véhicules par l'utilisation d'additifs à base d'urée dans les convertisseurs catalytiques sont considérées comme des émissions non combustibles.

4.14.2. **Questions de méthodologie**

Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (catégorie 2.D.3 du CUPR)

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 CO₂ et le pourcentage de carbone stocké dans les produits. Les coefficients d'émission potentiels totaux de CO₂ ont été calculés à partir des coefficients d'émission de carbone dans les études de Jaques (1992), McCann (2000) et 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 utilisé sont les valeurs par défaut (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 4–10.

Les données sur les quantités de combustibles utilisés à des fins non énergétiques sont présentées dans le BDEE (Statistique Canada, 1990–2021). 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 CO₂ 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

Tableau 4–10 Types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques dans l'inventaire canadien des GES		
Combustibles Gazeux	Combustibles Solides	Combustibles Liquides
Gaz naturel	Bitumineux canadien	Propane
	Subbitumineux	Butane
	Bitumineux étranger	Éthane
	Lignite	Matières premières pétrochimiques
	Anthracite	Naphthas
	Coke métallurgique	Graisses et huiles lubrifiantes
	Coke de pétrole	Pétrole utilisé pour d'autres produits ^a
Note :		
a. C'est-à-dire des cires, de la paraffine et des produits non finis (articles ne pouvant être identifiés comme des produits finis).		

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 CO₂ 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 pour la paraffine, comme l'indiquent les Lignes directrices 2006 du GIEC, parce qu'il n'est pas possible de décomposer l'utilisation de la paraffine.

Cette technique est conforme à la méthode décrite dans les Lignes directrices 2006 du GIEC et est considérée comme 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 de CH₄ et de N₂O pour la catégorie 2.D.3 du CUPR ne sont pas estimées, car les Lignes directrices 2006 du GIEC ne fournissent aucune orientation méthodologique.

Émissions de CO₂ imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) (catégorie 2. D.3 du CUPR)

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.

Pour estimer les émissions de cette source, il faut prendre en considération les données sur les activités de transport routier. Plus précisément, le nombre de véhicules en circulation, les rapports de consommation de carburant et les kilomètres parcourus sont 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 le catalyseur de RCS de ces véhicules. Pour en savoir plus sur les sources de ces renseignements, voir l'Annexe 3.1.

Afin de déterminer quelle portion du parc est équipée de cette technologie (taux de pénétration de la technologie), on a recours aux données réglementaires et de certification des véhicules pour cibler les véhicules équipés de systèmes de RCS. 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.

On a utilisé un taux de dosage représentant 2 % de la consommation de diesel, car il s'agit de la valeur médiane de la fourchette proposée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. De plus, le taux de pureté par défaut du FED de 32,5 % a été corroboré dans les installations nationales d'essais sur les émissions des véhicules d'Environnement Canada, où on a mesuré les concentrations à l'aide d'un réfractomètre dans le cadre d'un programme d'essai³¹.

4.14.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

On a effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant, en prenant en compte les incertitudes associées aux données sur les activités et aux coefficients d'émission (ICF Consulting, 2004). Dans son ensemble, 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).

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie des émissions de CO₂ imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS). L'incertitude générale était de ± 50 %.

4.14.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant sont une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de la qualité (CQ) de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

La catégorie des émissions de CO₂ imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) a fait l'objet de contrôles de la qualité informels par l'intermédiaire du processus d'estimation des émissions.

31 Rideout G. 2014. Communication personnelle (courriel de S. McKibbin, daté du 4 novembre 2014). Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

4.14.5. Recalculs par catégorie

Pour la catégorie Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant, les émissions de CO₂ ont été recalculées pour toute la série chronologique (1990-2020) en raison de mises à jour apportées aux données du BDEE et de changements à la méthodologie : la mise à jour du coefficient d'émission de l'anthracite, la mise à jour des coefficients d'émission et des types de matières premières utilisées dans deux installations productrices d'éthylène, ainsi que la soustraction pour les graisses et huiles lubrifiantes employées dans les moteurs hors route à deux temps. L'impact global de toutes les révisions varie d'un maximum de +481 kt en 2020 à un minimum de -241 kt en 2019.

Les données sur les activités révisées pour les années 2008 à 2020 ont donné lieu à un recalcul variant de -5,2 kt pour 2016 à 3,4 kt pour 2019 dans la catégorie de l'utilisation de l'urée dans les véhicules dotés d'un système de RCS.

4.14.6. Améliorations prévues par catégorie

Les coefficients d'émission pour divers produits pétroliers non énergétiques et le gaz naturel ont été élaborés à partir d'études menées en 1992 et 2005, respectivement. Il est prévu d'évaluer si ces coefficients d'émission sont toujours valables et de les mettre à jour, 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), on révisera les émissions de la catégorie des produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant pour éviter une double comptabilisation des émissions et améliorer la transparence de l'inventaire.

Aucune amélioration n'est prévue relativement à l'estimation des émissions de CO₂ imputables à l'utilisation d'urée dans les véhicules dotés d'un système de RCS.

4.15. Industrie électronique (catégories 2.E.1 et 2.E.5 du CUPR)

4.15.1. Description de la catégorie

Les procédés industriels dans l'industrie électronique au Canada utilisent des perfluorocarbures (PFC), de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et du trifluorure d'azote (NF₃) dans la fabrication de semi-conducteurs et les essais en matière de contrôle de la qualité. Cette catégorie ne comprend pas les émissions de SF₆ utilisé dans le matériel électrique ni les émissions de PFC utilisé comme isolant électrique ou agent réfrigérant diélectrique, car elles sont répertoriées dans le sous-secteur de la fabrication et de l'utilisation d'autres produits (sous-secteur 2.G du CUPR).

On estime que les émissions de l'industrie électronique au Canada s'élevaient à environ 46 kt d'éq. CO₂ en 2021, une augmentation de 437 % depuis 2005.

4.15.2. Questions de méthodologie

Émissions de PFC attribuables à la fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

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 la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR; veuillez vous reporter à la section 4.17). De plus, certains utilisateurs de PFC pour la fabrication de semi-conducteurs des enquêtes sur les distributeurs de gaz des années 2014 à 2020 ont également 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, faute de collecte de données en 2021. 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 (CF₄), le perfluoroéthane (C₂F₆) et le perfluorocyclobutane (c-C₄F₈). L'utilisation de C₂F₆ dans les procédés de fabrication de semi-conducteurs produit des émissions de C₂F₆ ainsi que des émissions de CF₄, un sous-produit. L'utilisation de c-C₄F₈ dans les procédés de fabrication de semi-conducteurs produit des émissions de c-C₄F₈ ainsi que du CF₄ et du C₂F₆, également des sous-produits.

C'est la méthode de niveau 2 du GIEC, illustrée par l'Équation 4–13, qui a servi à estimer les émissions de PFC imputables à l'industrie de fabrication des semi-conducteurs :

Équation 4–13

$$E_{sc,pfc} = E_{FC} + E_{CF_4} + E_{C_2F_6}$$

$E_{sc,pfc}$	=	émissions totales de PFC imputables à 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 du gaz en faisant appel à un 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 sont présentés dans le tableau 6.3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Le sous-ensemble des coefficients d'émission utilisé pour estimer les émissions canadiennes est présenté au tableau A6.2–10.

Il est présumé que la valeur du résidu (h) équivalait à 0,1, ce qui correspond à la quantité présumée rester dans le distributeur acheté après utilisation, comme le suggèrent les Lignes directrices 2006 du GIEC. Nous n'avons pas appliqué la valeur du résidu lorsque les utilisateurs de semi-conducteurs ont fourni les données sur les PFC utilisés dans les procédés, fondées sur le poids des distributeurs 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, on est parti du principe qu'aucun dispositif antipollution n'avait été utilisé. Deux installations ont fourni les valeurs annuelles propres à un gaz et propres à un procédé pour la fraction du volume de gaz introduite 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 et à ces années visées par les données seulement. Pour tous les autres utilisateurs des années 2014 à 2020, puisqu'il n'y avait aucune donnée sur les technologies antipollution, on présume qu'aucune n'a été employée. Conformément au souci de maintenir constantes les données sur les activités de 2020, les taux de recours à un dispositif antipollution et les efficacités de destruction ont été maintenus aux niveaux de 2020 pour 2021, entraînant une tendance constante des émissions.

Émissions de NF_3 attribuables à la fabrication des semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

En 2013, Environnement Canada a commandé une étude afin de déterminer l'ampleur de la consommation de NF_3 au Canada, y compris un sondage de tous les fournisseurs de gaz potentiel de NF_3 ainsi que sept utilisateurs potentiels identifiés (Cheminfo Services, 2014). Dans ce sondage, seule une installation de fabrication de semi-conducteurs indiquait avoir consommé du NF_3 en 2013, et un distributeur de gaz désignait un acheteur supplémentaire non identifié entre 2010 et 2013. Les résultats de l'étude sont considérés comme étant complets, car les deux usines de fabrication canadiennes figurant dans la base de données SEMI World Fab Watch ont répondu au sondage (Cheminfo Services, 2014). En outre, une étude antérieure réalisée par Environnement Canada à l'aide de la liste intérieure des substances (Environnement Canada, 1986) indique que la consommation de NF_3 pour 1986 se situe entre 33 et 199 kg. L'ensemble de la consommation du NF_3 au Canada aurait lieu dans l'industrie de fabrication des semi-conducteurs.

L'utilisation de NF_3 dans le nettoyage des chambres de dépôts chimiques en phase vapeur peut produire des émissions du sous-produit CF_4 (un PFC). La méthode de niveau 2 du GIEC, présentée dans l'Équation 4–14, a été utilisée pour estimer les émissions de NF_3 et du sous-produit CF_4 de l'industrie de fabrication de semi-conducteurs :

Équation 4–14

$$E_{SC,NF_3} = E_{NF_3} + E_{CF_4}$$

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)

Pour déterminer l'utilisation et les émissions de NF_3 tout au long de la série chronologique, diverses hypothèses devaient être formulées. En ce qui concerne l'acheteur non identifié des années 2010 à 2013, il est supposé que l'utilisation de la quantité achetée de NF_3 est également distribuée d'une année à l'autre, puisqu'aucune donnée annuelle n'a été fournie. Pour cet acheteur, les émissions ont été estimées à l'aide des coefficients d'émission déterminés à l'aide de la méthode de niveau 2a et la valeur de résidu par défaut de 10 %. Il est également présumé qu'aucune technologie antipollution n'a été utilisée. L'utilisateur de 2013 identifié a déclaré que le NF_3 a été employé dans un procédé de gravure. Il a fourni la quantité achetée et la quantité introduite dans le procédé, par conséquent, la valeur du résidu n'a pas été appliquée. Les émissions de cette installation ont été estimées à l'aide des coefficients d'émission, déterminés à l'aide de la méthode de niveau 2b, représentatifs du procédé de gravure. L'entreprise a indiqué qu'aucune technologie antipollution n'avait été employée. Il est présumé que les concentrations utilisées des années 2010 à 2012 de cette entreprise étaient les mêmes qu'en 2013, et les émissions ont été calculées à l'aide de la même méthode.

Pour estimer les émissions des années 1990 à 2009, les émissions de 1986 ont été d'abord estimées à l'aide de la médiane de la fourchette de données de la Liste intérieure des substances au moyen des coefficients d'émission déterminés par la méthode de niveau 2a et de la valeur du résidu par défaut, et on a présumé qu'aucune technologie antipollution n'avait été utilisée. Les émissions des années 1990 à 2009 sont ensuite estimées par interpolation linéaire des émissions de NF_3 et du sous-produit CF_4 des années 1986 et 2010. Les valeurs des émissions, plutôt que les quantités de NF_3 utilisé, ont été interpolées, parce que l'interpolation des quantités de NF_3 utilisé aurait introduit une coupure dans les émissions du sous-produit CF_4 de l'application de différents ensembles de coefficients d'émission (des coefficients d'émission de niveau 2a ont été utilisés pour 1986 et une combinaison des coefficients d'émission des niveaux 2a et 2b a été utilisée pour 2010).

Des enquêtes à participation volontaire ont été menées pour recueillir des données des principaux distributeurs de gaz et de l'utilisateur de 2013 identifié pour les années 2014 à 2020. Mis à part l'utilisateur de 2013 identifié, les distributeurs de gaz n'ont vendu aucun NF_3 , de sorte qu'on présume que l'utilisateur de 2010–2013 non identifié a cessé d'utiliser du NF_3 après 2013. Les émissions pour les années 2014 à 2020 sont, par conséquent, estimées à l'aide des données d'utilisation dans le procédé de gravure recueillies de la seule installation, reposant sur le poids des distributeurs avant et après l'utilisation dans le procédé ainsi que sur les coefficients d'émission déterminés par la méthode de niveau 2b. L'installation déclare qu'elle dispose d'une technologie antipollution sur place apte à réduire les émissions de NF_3 et de CF_4 , mais que les gaz de procédé de cette partie de la production ne sont pas introduits dans la technologie antipollution (ai est égal à 0 pour les années 2014 à 2020). Faute de collecte de données en 2021, les données sur l'utilisation de NF_3 et le taux de recours à un dispositif antipollution ont été maintenus aux niveaux de 2020 pour 2021, entraînant une tendance constante des émissions.

Pour toutes les années où une méthode de niveau 2a a été utilisée (1990 à 2013), on a présumé que la consommation de NF_3 s'opposait à la consommation à distance de NF_3 ; on a également tenu compte des coefficients d'émission par défaut du GIEC (2006). L'utilisation à distance ne s'applique qu'au nettoyage au plasma à distance de la chambre de réaction (dépôt chimique en phase vapeur), ce qui peut également être fait sur place. Les émissions de 2014 à 2021 ont été estimées à l'aide d'une méthode de niveau 2b pour les procédés de gravure, où le recours au NF_3 à distance n'est pas applicable.

Émissions de SF_6 attribuables à la fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

La méthode appliquée pour estimer les émissions de SF_6 produites par la Fabrication de semi-conducteurs était semblable à celle utilisée pour estimer les émissions de PFC et de NF_3 . Toutefois, l'utilisation de SF_6 comme gaz de procédé dans les procédés de gravure au plasma et de nettoyage des chambres de dépôts chimiques en phase vapeur n'émet aucune émission du sous-produit de fluorocarbène. L'estimation selon la méthode de niveau 2a a été calculée à l'aide de l'équation 6.2, volume 3 du GIEC 2006.

Les quantités de SF_6 vendues aux fabricants de semi-conducteurs aux années 1995 à 2003 ont été obtenues de la part des principaux fournisseurs canadiens de gaz. Puisque les données des ventes pour les années 1990 à 1994 ne sont pas accessibles, on a présumé que la quantité vendue chaque année entre 1990 et 1994 était la même qu'en 1995.

Depuis 2004, la quantité totale de SF_6 utilisée dans l'industrie de la fabrication de semi-conducteurs a été estimée en multipliant le total de SF_6 importé (données fournies par Statistique Canada) par la proportion des données sur les ventes de SF_6 des distributeurs de gaz, attribuées à la fabrication de semi-conducteurs (en %) (Cheminfo Services, 2005a et plusieurs enquêtes d'ECCC). Aucune donnée sur les ventes n'a été recueillie pour les années 2010 à 2013, donc les proportions des données sur les ventes de SF_6 par les distributeurs de gaz, attribuées à la fabrication de semi-conducteurs ont été interpolées de façon linéaire à partir des années 2009 et 2014. Faute de collecte de données sur les ventes de SF_6 en 2021, les caractéristiques des données sur les ventes ont été maintenues aux niveaux de 2020. Les données d'importation de SF_6 étaient disponibles jusqu'en 2011, accessibles auprès de Statistique Canada. Pour les années 2012 à 2020, les données économiques de production brute du SCIAN 334 (Fabrication de produits informatiques et électroniques) ont servi de variables de substitution pour mettre à l'échelle les importations annuelles de SF_6 à celle des données sur les importations de 2011.

En raison des deux sources de données différentes sur le SF₆ (fournisseurs canadiens de gaz pour 1995–2003 et Statistique Canada pour 2004–2009), il y avait un écart important au cours de ces périodes. Pour obtenir une tendance uniforme sur toute la série chronologique, une technique de superposition (GIEC 2006, volume 1, chapitre 5) a été appliquée à la période 1990–2003 (les deux sources comportaient des données sur l'importation de SF₆ pour les années 1998 à 2000).

Les émissions ont été calculées à l'aide de la valeur du résidu (*h*) de 12 % fournie et confirmée par deux principaux distributeurs de gaz SF₆, Air Liquide et Praxair³². Le coefficient d'émission par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC (1-U) de 0,2 a été utilisé. Pour les années 1990 à 2013, il est présumé qu'aucune technologie antipollution n'a été utilisée par l'industrie puisqu'aucune donnée n'était disponible. Pour les années 2014 à 2020, certains utilisateurs de SF₆ de l'industrie de fabrication de semi-conducteurs fournissaient les valeurs annuelles propres à l'installation pour la fraction du volume de gaz introduit dans les types de procédés dotés d'un dispositif antipollution et la fraction du gaz détruit par le dispositif antipollution (respectivement, *a_f* et *d_f* dans les Lignes directrices 2006 du GIEC). Il est présumé qu'aucune autre installation n'était dotée d'un dispositif antipollution des années 2014 à 2020. La proportion (*s_f*) propre à chaque installation des données des ventes de SF₆ par tous les distributeurs de gaz attribuées à la fabrication de semi-conducteurs a été utilisée dans l'Équation 4–15 pour calculer les émissions totales issues de l'utilisation de SF₆ dans la fabrication de semi-conducteurs. Les taux d'utilisation, les efficacités de destruction et les taux de pénétration du marché des technologies antipollution ont été maintenus aux niveaux de 2020 en 2021, faute de collecte de données. L'Équation 4–15 est une version améliorée, propre à chaque pays, de l'équation 6.2 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation 4–15

$$E_{SC,SF_6} = (1 - h) \times [FC \times (1 - U) \times \left(1 - \sum_{f=1}^n (s_f \times a_f \times d_f) \right)]$$

<i>E_{SC,SF₆}</i>	=	Émissions totales issues de l'utilisation de SF ₆ dans la fabrication de semi-conducteurs
<i>h</i>	=	Valeur du résidu de 12 %, fournie par les distributeurs de gaz Air Liquide et Praxair
<i>FC</i>	=	Quantité totale de SF ₆ utilisé dans l'industrie de la fabrication de semi-conducteurs (quantité de SF ₆ importée multipliée par la proportion des données de vente des distributeurs de gaz attribuées à la fabrication de semi-conducteurs)
<i>U</i>	=	Fraction du taux d'utilisation de SF ₆ (fraction détruite ou transformée en procédé), égale à 0,8 (voir le tableau 6.3 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC)
<i>s_f</i>	=	Proportion, propre à chaque installation, des données de vente des distributeurs de gaz attribuée à la fabrication de semi-conducteurs
<i>a^f</i>	=	Fraction, propre à chaque installation, du volume de SF ₆ introduite dans des types de procédés dotés d'un dispositif antipollution
<i>d_f</i>	=	Fraction, propre à chaque installation, de SF ₆ détruite par un dispositif antipollution

Émissions de PFC attribuables à d'autres applications émettrices (catégorie 2.E.5 du CUPR)

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 (CF₄), le perfluoroéthane (C₂F₆), le perfluorocyclobutane (c-C₄F₈) et le perfluorohexane (C₆F₁₄) 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 la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR; voir la section 4.17). 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.

32 Rahal H et A. Tardif. 2006. Communications personnelles (courriels de H. Rahal et A. Tardif à A. Au, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 22 novembre 2006, et du 13 novembre 2006, respectivement). Praxair et Air Liquide.

4.15.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Émissions de PFC découlant de la Fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

On a effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie des émissions de PFC découlant de la Fabrication de semi-conducteurs. Les émissions de PFC à l'année de référence ne découlent que de l'utilisation de NF_3 , donc nous avons présumé que l'incertitude relative aux données sur les activités pour l'année de référence était la même que pour celle établie pour le NF_3 . L'incertitude relative au coefficient d'émission pour l'année de référence provient du tableau 6.9, volume 3, des Lignes directrices 2006 du GIEC. Nous avons présumé que l'incertitude relative aux données sur les activités pour l'année en cours était la même que pour les données d'autres installations et les données sur les distributeurs de gaz (soit 2 %), et celle du coefficient de l'année en cours est fondée sur une évaluation ayant pris en compte tous les coefficients d'émission propres au procédé (ministère de l'Environnement du Japon, 2009). L'incertitude pour l'année de référence est de 321 % et celle de l'année en cours est de 19 %.

Émissions de NF_3 découlant de la Fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie des émissions de NF_3 découlant de la Fabrication de semi-conducteurs. L'incertitude relative aux données sur les activités faisant appel au NF_3 pour l'année de référence est fondée sur l'éventail des utilisations de NF_3 en 1986 fournies par la Liste intérieure des substances (33 à 199 kg). Nous avons calculé l'incertitude relative aux données sur les activités pour l'année de référence en déterminant la valeur de l'erreur si la vraie valeur était la valeur minimale de l'éventail fourni plutôt que le point médian utilisé pour l'interpolation des données sur les activités de 1990. L'incertitude relative aux données sur les activités de l'année en cours de 78 % a été calculée en combinant l'incertitude relative aux données des installations de 2020 (2 %) et l'incertitude liée au maintien des données sur les activités de 2020 pour 2021. L'incertitude de tenir constantes les données de 2020 pour 2021 a été déterminée à l'aide de l'écart sur les taux d'utilisation de 2013 à 2020 déclarés par l'installation. Les incertitudes relatives aux coefficients d'émission (méthode de niveau 2a pour l'année de référence, méthode de niveau 2b pour l'année en cours) proviennent du tableau 6.9, volume 3, des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'incertitude relative aux données de l'année de référence est de 261 %, et celle des données de l'année en cours est de 310 %.

Émissions de SF_6 découlant de la Fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

On a également effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie des émissions de SF_6 attribuables à la Fabrication de semi-conducteurs qui a pris en compte l'incertitude des données sur l'importation de SF_6 , les données des ventes totales de SF_6 déclarées, la proportion attribuée aux semi-conducteurs, et les coefficients d'émission (± 45 %). Nous avons présumé que cette valeur de l'incertitude est représentative de l'ensemble de la série chronologique.

Émissions de PFC provenant d'Autres applications émettrices (catégorie 2.E.5 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour les émissions de PFC de la catégorie Autres applications émettrices. L'incertitude pour l'année de référence est nulle puisqu'il n'y a eu aucune émission jusqu'en 1995. L'incertitude des données sur les activités pour l'année en cours provenant des données déclarées par les installations et des distributeurs de gaz est de 2 %, et celle des coefficients d'émission est évaluée à 50 % (ministère de l'Environnement du Japon, 2009). Par conséquent, l'incertitude pour l'année en cours est de 50 %.

4.15.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les catégories du sous-secteur de l'Industrie électronique ont fait l'objet de contrôles comme définis dans le manuel général sur la qualité (niveau 1) du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les AQ, CQ et vérifications réalisés étaient conformes aux exigences en matière d'AQ et de CQ privilégiées dans le chapitre 6 du volume 1 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

Les vérifications suivantes ont été effectuées en plus de la liste de vérification de CQ de niveau 1 lors de l'estimation des émissions de PFC, de NF_3 et de SF_6 découlant de la Fabrication de semi-conducteurs :

- déceler les 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 contacter de façon ponctuelle le fournisseur de données pour une vérification et obtenir des explications
- comparer les données sur l'achat par les utilisateurs et les données sur les utilisations aux ventes déclarées par les distributeurs de gaz

- vérifier la cohérence des données d'une année à l'autre en comparant, à l'échelle des installations, certaines combinaisons gaz-procédé
- nous avons comparé les efficacités de destruction fournies par les installations relativement à l'équipement antipollution avec celles fournies par les fabricants de ces dispositifs et les avons contre-vérifiées 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

4.15.5. Recalculs par catégorie

Émissions de SF₆ découlant de la Fabrication de semi-conducteurs (catégorie 2.E.1 du CUPR)

Les émissions ont été recalculées pour les années 2012 à 2020 en raison de la révision des données de production brutes pour le SCIAN (334) Fabrication de produits informatiques et électroniques, qui sont utilisées pour extrapoler les données d'importation de SF₆ des années 2012 à 2020 à partir des niveaux de 2011. Les résultats de ces recalculs varient de -0,31 kt d'éq. CO₂ (-0,88 %) en 2020 à +0,01 kt (+0,04 %) en 2016.

4.15.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune donnée n'a été recueillie par enquête à participation volontaire pour 2021, et les niveaux d'utilisation de 2021 ont été maintenus aux niveaux de 2020. Une collecte à participation volontaire des données de 2021 est prévue en 2023 pour obtenir les données d'utilisation de PFC. D'autres fabricants canadiens de produits électroniques seront contactés pour vérifier les données d'achat des distributeurs de gaz, obtenir les quantités utilisées chaque année, faciliter l'obtention de données sur les activités plus précises et propres au procédé et obtenir de l'information sur les dispositifs antipollution mis en place. La qualité des données qui seront transmises par ces installations sera évaluée en vue de l'utilisation de ces données dans les futurs rapports d'inventaire.

4.16. Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR, HFC)

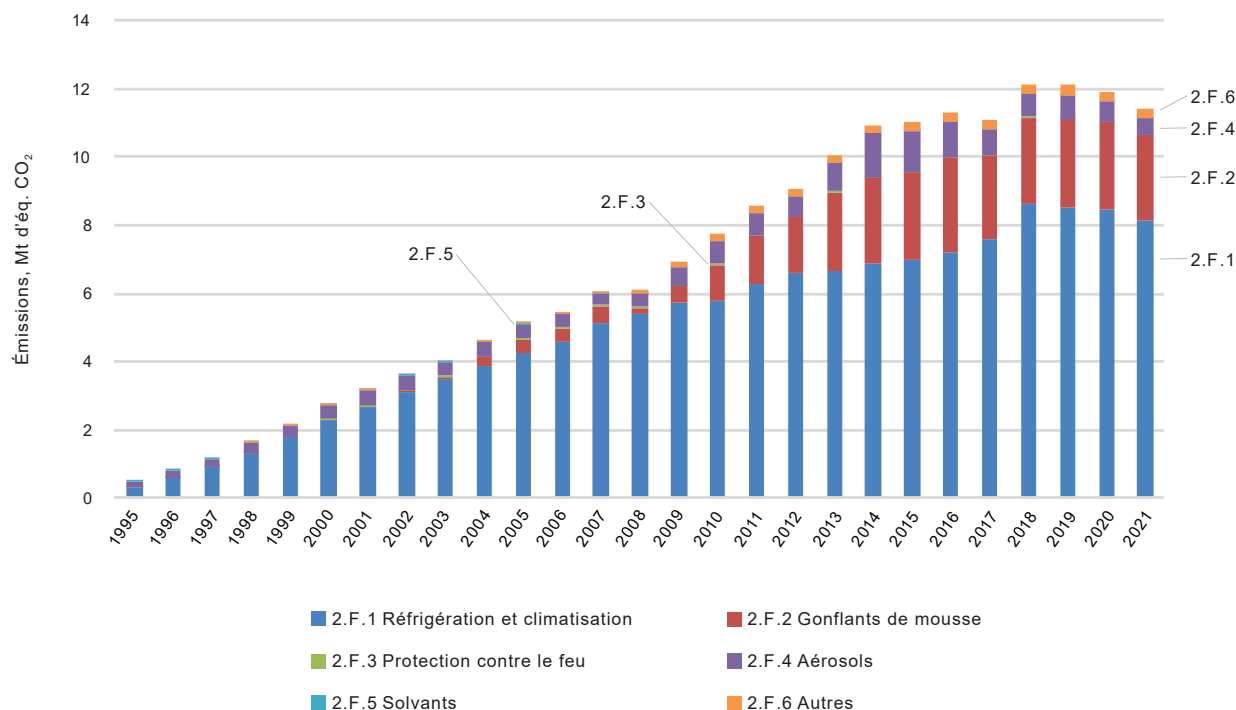
4.16.1. Description de la catégorie

Afin de fournir une représentation claire de la catégorie canadienne des utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone, les explications portant sur les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbones (PFC) ont été scindées en deux parties distinctes dans le présent rapport (sections 4.16 et 4.17 respectivement).

Avant que le Protocole de Montréal interdisant la production et l'utilisation des chlorofluorocarbones (CFC) n'entre en vigueur en 1996, on produisait et utilisait très peu de HFC dans le monde. Au Canada, les émissions de HFC-23 sont des sous-produits dans la production de HCFC-22. Il n'y a jamais eu de production de HFC au Canada. De plus, les émissions canadiennes imputables à la consommation de HFC ont été jugées négligeables pour la période 1990-1994 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La consommation de HFC au Canada a commencé en 1995. Les HFC sont utilisées au Canada dans tout un éventail d'applications, y compris la réfrigération, la climatisation, la protection contre les incendies, les aérosols, le dégraissage aux solvants et l'injection de mousse. Tous les HFC consommés au Canada sont importés en vrac ou sous forme d'articles ou de produits manufacturés (comme les réfrigérateurs).

Les rejets de HFC ont compté pour 11 Mt d'éq. CO₂ (soit 1,7 %) des émissions totales du Canada en 2021, une hausse de 124 % depuis 2005. Les tendances et contributions des émissions de HFC provenant d'applications sont présentées à la Figure 4-2. Les applications de réfrigération et de climatisation sont responsables de la plupart des émissions de HFC au Canada. Les utilisations de HFC comme agents moussants et dans des produits en aérosol contribuent également à une quantité importante d'émissions. Depuis leur sommet à 12 Mt en 2018, les émissions de HFC ont commencé à diminuer, en partie grâce à une diminution des importations de HFC de base.

Figure 4-2 Émissions produites par des HFC utilisés comme substituts à des substances appauvrissant la couche d'ozone, par application



4.16.2. Questions de méthodologie

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 manufacturés. Le Canada exporte à l'occasion de petites quantités de HFC en vrac. Jusqu'en 2005, des données sur les activités ont été recueillies au moyen de sondages obligatoires périodiques portant sur les années 1995 à 2004; d'autres collectes obligatoires de données sur les activités des années 2008 à 2015 ont eu lieu en 2014 et en 2016. Les données sur les activités de 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021 ont été recueillies en 2018, en 2019, en 2020, en 2021 et en 2022, respectivement, en vertu du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* (Règlement sur les SAO). Il convient de noter que le sondage de 1996 ne comportait aucun renseignement sur les importations et les exportations d'articles manufacturés pour l'année 1995 et que les données sur les activités ont par conséquent été estimées d'après les données de sondage pour la période de 1996 à 1998.

De 2006 à 2011, des sondages à participation volontaire ont été effectués pour obtenir des données sur les ventes en vrac et sur les importations et exportations d'articles manufacturés par segments de marché, pour des données sur les activités des années 2005 à 2010. Environnement et Changement climatique Canada et d'autres organismes (des renseignements supplémentaires figurent à l'Annexe 3.3) ont mené des sondages et ont obtenu des taux de réponse et des niveaux de regroupement d'applications variables.

Les sondages obligatoires de 2014, 2016, et de 2018 à 2022 sur les importations, les exportations et les ventes de HFC en vrac par type de HFC et par segment de marché constituent les données de base de la part en vrac de l'inventaire des HFC de 2008 à 2015 et de 2017 à 2021. En cas de chevauchement entre les sondages volontaires et les sondages obligatoires, les sondages obligatoires ont prévalu. Ceux de 2014 et de 2016 ont permis de recueillir des données supplémentaires sur les exportations et les importations d'articles manufacturés qui ont maintenant été incorporées à l'inventaire. La déclaration des données sur les HFC lors des sondages obligatoires de 2014 et de 2016 était fondée sur les applications et les sous-applications, de façon à pouvoir ventiler les quantités servant à la fabrication et à l'entretien.

Toutes les données sur les activités chimiques ont été fournies à l'échelle des sous-applications de niveau 2a ou ont été ventilées par sous-application à l'aide des tendances des données des importateurs ou d'une recherche à l'échelle des entreprises (GIEC, 2006). Pour des précisions sur les données reçues, la méthodologie de désagrégation et les sous-applications, veuillez consulter l'annexe 3.3.4.

Le Tableau 4–11 présente la liste complète des HFC et les années des données sur les activités correspondantes. Aucune donnée n'a été recueillie pour 2016.

Le Tableau 4–12 présente la ventilation des données d'importation de HFC de base de l'année 2021 par type et par application, déclarées obligatoirement au programme régi par le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* en 2022.

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 frigorigènes³³. Cependant, aucune donnée n'est accessible au public sur la quantité de HFC détruite ou récupérée au Canada.

Tableau 4–11 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, 2017–2021	HFC-23	1995–2004, 2008–2015, 2017–2021
HFC-134	2008–2009, 2015, 2017–2021	HFC-236fa	1996–1998, 2000–2004, 2008, 2010, 2012–2013 et 2020
HFC-134a	1995–2015, 2017–2021	HFC-245fa	2001–2015, 2017–2021
HFC-143	2013	HFC-32	1995–2015, 2017–2021
HFC-143a	1995–2015, 2017–2021	HFC-365mfc	2008–2015, 2017–2020
HFC-152a	1995–2015, 2017–2021	HFC-41	1999–2000 et 2010
HFC-227ea	1995–2015, 2017–2021	HFC-4310mee	1998–2015, 2018–2020

Tableau 4–12 Données d'importation de HFC de base pour l'année 2021 par type et par application

Type de HFC	2.F.1 Réfrigération et climatisation	2.F.2 Agent de gonflement	2.F.3 Protection contre le feu	2.F.4 Aérosols	2.F.5 Solvants	2.F.6 Autres	Importations totales de HFC en vrac
HFC-23	0,0 %	-	-	-	-	0,6 %	0,0 %
HFC-32	16,2 %	-	0,0 %	-	100,0 %	99,2 %	10,5 %
HFC-125	27,1 %	-	100,0 %	-	-	-	17,8 %
HFC-134	-	3,1 %	-	-	-	-	0,7 %
HFC-134a	41,0 %	19,7 %	-	7,9 %	-	0,2 %	31,6 %
HFC-143a	9,4 %	-	-	-	-	-	6,0 %
HFC-152a	-	57,1 %	-	92,1 %	-	-	25,0 %
HFC-227ea	0,0 %	-	-	-	-	-	0,0 %
HFC-245fa	6,3 %	20,1 %	-	-	-	-	8,5 %
Part des importations totales de HFC de base utilisées dans l'application	63,5 %	22,6 %	0,5 %	13,1 %	0,0 %	0,2 %	

Notes :

Les données d'importations des HFC en vrac ont été fournies par Marianne Racine de la Division des la production des produits chimiques d'ECCC.

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

Le symbole "-" indique qu'il n'y a pas eu d'importation de ce type de HFC pour l'application.

La mention 0,0 % indique qu'une quantité de ce type de HFC a été importée, mais qu'elle est minime et que la valeur ainsi affichée est dû à un arrondissement.

33 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 le 12 avril 2021). Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération – Programme canadien de gestion des frigorigènes.

Coefficients d'émission

Les 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 les applications de réfrigération et de climatisation pour appuyer l'élaboration de coefficients d'émission nationaux représentatifs du contexte canadien (EHS, 2013; Environnement Canada, 2015). Pour des précisions sur les résultats des enquêtes et les procédures de contrôle de la qualité, veuillez consulter l'annexe 3.3.4.3. Les coefficients d'émission propres au pays ont été appliqués aux sous-applications de la réfrigération et de la climatisation pour toute la période.

Pour les aérosols, l'injection de mousse, l'extinction des incendies, le dégraissage aux solvants et d'autres applications, on a utilisé le coefficient d'émission de niveau 1 par défaut figurant dans le chapitre 7 du volume 3 (GIEC, 2006). Tous les coefficients d'émission figurent 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, on a 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 (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 d'un HFC dans une sous-application particulière, on a utilisé une version adaptée au contexte canadien de l'équation 7.1 du chapitre 7 du volume 3 (GIEC, 2006). Se reporter à l'Annexe 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 sont également calculées. Ainsi, la version mathématiquement enrichie de la méthode exposée à la section 7.1.2.2 du chapitre 7 du volume 3 (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 émise à ce stade par le coefficient d'émission correspondant. Les équations servant à estimer les émissions HFC appliquées à chaque application ou sous-application sont expliquées plus en détail à l'Annexe 3.3.4.

4.16.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de Monte-Carlo a été réalisée pour la consommation de HFC. Dans le cadre de l'évaluation, on a tenu compte des incertitudes associées à toutes les sous-applications, comme la réfrigération résidentielle et commerciale, les climatiseurs stationnaires et mobiles, etc. Afin de déterminer l'incertitude pour une sous-application, on a utilisé les incertitudes liées aux données sur les activités (Cheminfo Services, 2005c) et des coefficients d'émission du chapitre 7 du volume 3 (GIEC, 2006). Il convient de souligner que l'incertitude pour l'ensemble d'une catégorie peut fluctuer au cours de la série chronologique, puisqu'elle dépend de l'ampleur de l'estimation des émissions de chaque sous-application, qui varie d'une année à l'autre. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble s'établissait à ± 11 %.

4.16.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les émissions de HFC attribuables à l'utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone appartiennent à une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de la qualité (CQ) de niveau 1, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

4.16.5. Recalculs par catégorie

Pour les années 2011 à 2020, de recalculs pour cette catégorie, découlant du recours à des variables de substitution mises à jour par extrapolation des données d'importation et d'exportation d'articles manufacturés pour l'année 2010 et les suivantes pour toutes les sous-applications, ont donné des résultats à la baisse. Les résultats des recalculs ont une valeur maximale de -26 kt (-0,2 %) pour 2020.

4.16.6. Améliorations prévues par catégorie

On examinera les recherches portant sur les coefficients d'émission provenant de la réfrigération commerciale et industrielle, la part de marché et les autres caractéristiques au Canada en vue de les appliquer aux futurs inventaires. Il existe une lacune dans les données d'importation et d'exportation des articles manufacturés disponibles jusqu'à 2010. Pour combler cette lacune, on interrogera et on examinera les sources des statistiques et des données d'importation et d'exportation. Une enquête à participation volontaire sera élaborée et un questionnaire envoyé.

Une autre amélioration prévue consistera à obtenir plus de renseignements sur les activités de récupération et de destruction au Canada afin d'améliorer les coefficients d'émission pour les produits contenant des HFC en fin de vie. Cette option sera étudiée au moyen de communications avec le Programme canadien de gestion des frigorigènes de l'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (ICCCR) ou directement auprès d'installations de récupération ou d'anciennes installations de destruction.

4.17. Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR, PFC)

4.17.1. Description de la catégorie

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, l'utilisation des PFC est très limitée par rapport aux HFC au Canada. 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 rejets de PFC étaient d'environ 9,2 kt d'éq. CO₂ en 2021, soit une augmentation de 324 % depuis 2005.

4.17.2. Questions de méthodologie

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 les années 1995 à 2021. La description détaillée de cette méthode est donnée dans les sous-sections qui suivent. Les données sur les activités de la période 1995–2000 proviennent des sondages sur les PFC menés en 1998 et 2001 par Environnement Canada. Comme il n'existait pas de données pour les années 2001 et 2002, les émissions ont été estimées en partant de l'hypothèse que les quantités utilisées dans diverses applications étaient demeurées constantes après 2000. Environnement Canada a recueilli des données sur les PFC pour la période de 2003–2007 auprès des grands distributeurs qui ont participé de façon volontaire à cette collecte en 2008 et 2009. Les données de ces grands distributeurs ont alors été intégrées aux données existantes sur la consommation de PFC. Les données sur la consommation de PFC pour les années 2008 et 2009 ont été recueillies auprès des grands distributeurs qui les ont fournies de façon volontaire en 2009 et 2010. Les données sur les PFC pour les années 2014 à 2020 ont été recueillies auprès des distributeurs de gaz par des enquêtes à participation volontaire réalisées en 2019, en 2020 et en 2021. Les données sur les quantités utilisées en 2020 ont été maintenues constantes pour l'année 2021, faute de collecte de données sur les PFC en 2021. Pour estimer la consommation de PFC pour les années 2010 à 2013, les quantités d'utilisation des sous-applications ont été interpolées avec les données sur les activités recueillies entre 2009 et 2014.

En outre, les données sur les activités relatives aux mélanges à base d'HFC et de PFC 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 2021 ont été recueillies au moyen des enquêtes à participation obligatoire de 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 portant sur les HFC. Les données de 2016 sur les activités relatives aux mélanges à base de HFC et de PFC ont été interpolées à partir des données sur les activités de 2015 et de 2017. L'élément PFC des données sur les activités relatives aux mélanges a été désagrégé 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 A6.2–12.

Réfrigération et climatisation (catégorie 2.F.1 du CUPR, PFC)

On a utilisé la méthode de niveau 2a du GIEC, soit les équations 12, 13 et 14 de la section 7.5 du chapitre 7 du volume 3 des *Lignes directrices 2006 du GIEC* pour estimer les émissions provenant des phases d'assemblage, d'exploitation et d'élimination des sous-applications suivantes : systèmes de réfrigération commerciaux et de 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 A6.2-12.

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 exporté et perdu durant l'assemblage.

Au Canada, le PFC a commencé à être utilisé en 1995. On présume qu'il n'y avait 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 de 15 ans (GIEC, 2006). On suppose également 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 des émissions soient encore produites lors du fonctionnement et en fin de vie des appareils.

Les PFC utilisés dans les équipements de réfrigération commerciaux et de climatisation fixes contribuent au total de 6,3 kt d'éq. CO_2 en 2021.

Agents d'expansion des mousses (PFC, catégorie 2.F.2 du CUPR)

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, la méthode de niveau 2a a été appliquée à l'aide des coefficients d'émission par défaut de la sous-application bloc en phénoplaste des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les HFC-245fa, HFC-365mfc et HFC-227ea. On a utilisé l'équation 7.7 de la section 7.4 du chapitre 7 du volume 3 des *Lignes directrices 2006 du GIEC* pour 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 de gonflement de la mousse à alvéoles fermées en circulation a pris fin en 2011.

Protection contre les incendies (catégorie 2.F.3 du CUPR)

Aucune utilisation de PFC en Protection contre les incendies n'a été déclarée dans les collectes de données. Par conséquent, les émissions de cette source devraient être négligeables.

Aérosols (PFC, catégorie 2.F.4 du CUPR)

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 (PFC, catégorie 2.F.5 du CUPR)

Les utilisations du CF_4 , du C_2F_6 , du perfluorocyclobutane ($\text{c-C}_4\text{F}_8$), 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. On a supposé une durée de vie du produit de deux ans et on a utilisé un coefficient d'émission par défaut du GIEC de 50 % de la charge initiale par année (GIEC, 2006). On a utilisé l'équation 7.5 de la section 7.2 du chapitre 7 du volume 3 des *Lignes directrices 2006 du GIEC* pour estimer les émissions pour chaque année, lesquelles équivalent à la moitié de la quantité de PFC utilisé 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 2021, les émissions découlant des utilisations de CF₄ et de C₂F₆ dans les applications de solvants ont contribué à hauteur de 2,9 kt d'éq. CO₂.

4.17.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

On a effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la consommation de PFC pour les années 1995 à 2008. Comme c'est le cas pour la consommation de HFC, les incertitudes inhérentes aux données sur les activités (GIEC, 2006) et les coefficients d'émission (ministère de l'Environnement du Japon, 2009) ont été pris en compte dans l'évaluation de la consommation de PFC. Dans son ensemble, pour l'entière série chronologique, le degré d'incertitude associé à cette catégorie a varié de ±9 % à ±23 %. Nous avons présumé que l'incertitude pour l'année actuelle était de 23 %, comme l'incertitude la plus élevée et la plus récente (2008) déterminée de l'éventail. L'incertitude pour l'année de référence est nulle, puisque l'utilisation de PFC comme substituts de SAO n'a pas commencé avant 1995.

4.17.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

La catégorie de la consommation de PFC a fait l'objet de contrôles, tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

En outre, nous avons effectué des vérifications pour nous assurer qu'il n'y a pas de double comptabilisation des données sur les activités pour la même année provenant des enquêtes à participation volontaire sur les PFC recueillies auprès des distributeurs de gaz et les enquêtes à participation obligatoire sur les mélanges de HFC et de PFC.

4.17.5. Recalculs par catégorie

Suivant les améliorations prévues décrites dans le RIN de 2022, les estimations d'émissions pour les agents moussants ont été mises à jour avec la méthodologie de niveau 2a du GIEC à partir de la méthodologie de niveau 1a du GIEC, entraînant de recalculs pour les années 1995 à 2017. La méthodologie mise à jour fait appel à des coefficients d'émission propres à la sous-application, extraits du tableau 7.7, au chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Ces révisions comprenaient une durée de vie plus courte du produit, des pertes plus importantes la première année, et des pertes annuelles moindres par rapport aux coefficients d'émission propres à l'application qui étaient appliqués auparavant. Les recalculs ont donné des résultats variant de -0,016 kt par année de 2012 à 2015 (-100 %) à +0,13 kt pour 2010 (829 %).

4.17.6. Améliorations prévues par catégorie

La collecte de données à participation volontaire en 2021 n'a pas eu lieu et les niveaux d'utilisation de 2021 ont été maintenus constants, aux niveaux de 2020, pour la plupart des applications. Une collecte des données de 2021 à participation volontaire est prévue pour 2023 pour obtenir les données à jour sur la distribution et l'utilisation de PFC.

Solvants (PFC, catégorie 2.F.5 du CUPR)

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 attribué 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. Nous contacterons les utilisateurs des PFC comme solvants pour valider la catégorie à laquelle ils attribuent les émissions ainsi que leur profil d'émissions de leur utilisation de solvants (dans la mesure du possible).

4.18. Fabrication et utilisation d'autres produits (secteur 2.G du CUPR)

4.18.1. 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 le matériel électrique (catégorie 2.G.1 du CUPR), les émissions d'oxyde nitreux (N_2O) attribuables aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a du CUPR), les émissions de N_2O imputables à l'utilisation comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b du CUPR) et les émissions de perfluorocarbures (PFC) attribuables à d'autres utilisations de produits confinés (catégorie 2.G.4 du CUPR), 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. On estime 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 nous présumons 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. Aucune quantité de N_2O ne réagit pendant la fabrication d'anesthésiques et d'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).

On peut employer les PFC 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.

Il convient de souligner que les émissions produites par l'utilisation de solvants dans le nettoyage à sec, l'imprimerie, le dégraissage de métaux et diverses applications industrielles, ou résultant d'une utilisation domestique, ne sont pas estimées.

La catégorie de la fabrication et utilisation d'autres produits représentait environ 721 kt (< 0,1 %) des émissions totales du Canada en 2021, soit une hausse de 33 % depuis 2005.

4.18.2. Questions de méthodologie

Émissions de SF_6 imputables aux équipements électriques (catégorie 2.G.1 du CUPR)

On a eu recours à une méthode modifiée de niveau 3 pour estimer les émissions de SF_6 imputables aux équipements électriques des services publics pour certaines années (soit de 2006 à 2021) de la série chronologique, au lieu de la méthode descendante utilisée précédemment, en présumant 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 2006–2021 ont été fournies par l'Association canadienne de l'électricité (ACÉ) et BC Hydro, qui représentent ensemble les compagnies d'électricité du Canada. Les données sur les émissions soumises par l'ACÉ, et BC Hydro ont été préparées conformément au *Protocole d'estimation et de déclaration*

des émissions de SF₆ pour les services d'électricité (« le protocole ») (Environnement Canada et l'Association canadienne de l'électricité, 2008). Soulignons que l'ACÉ et BC Hydro ne fournissent pas de données sur les activités correspondantes. Cependant, la quantification des émissions dans les méthodologies employées est fondée sur la masse de SF₆ injectée dans l'équipement ou contenue dans les bouteilles. L'estimation des émissions nationales de SF₆ pendant la période 2006-2021 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 à un pays) a été établie à partir de la méthode de niveau 3 fondée sur le cycle de vie du GIEC. On y décrit également les différentes options qui permettent d'estimer les émissions d'après le cycle de vie de l'équipement (soit la quantité totale de SF₆ 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). On trouve aussi à l'Annexe 3.3 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 qu'on a commencé à appliquer une méthode d'inventaire systématique des quantités de SF₆ de ces organisations 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 SF₆ 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, on a appliqué une technique de superposition (GIEC, 2006, volume 1, chapitre 5). En l'occurrence, on a évalué 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.

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 relatives aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a du CUPR) et utilisation du N₂O comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b du CUPR)

Les estimations des émissions de N₂O 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 N₂O, on suppose 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 N₂O 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 N₂O 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 quantitatives permettant d'établir le profil canadien des ventes de N₂O en 2005 par application (Cheminfo Services, 2006). On suppose que les profils des ventes des années 2006 à 2021 sont les mêmes que celui de 2005. Les quantités de N₂O 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, on a réparti les estimations à l'échelle nationale en fonction des populations provinciales et territoriales (Statistique Canada, s.d. [d]).

Émissions de PFC attribuables à d'Autres utilisations de produits confinés (catégorie 2.G.4 du CUPR)

Les données sur les activités concernant les PFC utilisés dans les Autres utilisations de produits confinés ont été recueillies de la même manière que pour les PFC utilisés dans les Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (catégorie 2.F du CUPR; veuillez vous reporter à la section 4.17). Pendant la série chronologique, le perfluorométhane (CF₄), le perfluoroéthane (C₂F₆) et le perfluorohexane (C₆F₁₄) ont été utilisés comme isolants électriques dans des produits confinés, et le perfluoropropane (C₃F₈) et le C₆F₁₄ ont été employés comme agents réfrigérants diélectriques dans des produits confinés.

Les coefficients d'émission de la méthode de niveau 1 du GIEC pour d'autres applications de confinement de substituts de SAO (GIEC, 2006) sont utilisés pour calculer les émissions de PFC pour les Autres utilisations de produits confinés. Puisqu'aucun coefficient d'émission ne figure dans les Lignes directrices 2006 du GIEC, nous avons utilisé les coefficients d'émission par défaut des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (2000). On y présume un taux de fuite d'environ 1 % au cours du processus de fabrication et un taux de fuite annuel de 2 % au cours de la durée de vie de l'équipement de 15 ans (GIEC, 2000). Nous présumons 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 utilisations de 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 pour estimer les émissions de PFC, conformément à l'équation 7.19 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

4.18.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Émissions d'hexafluorure de soufre des équipements électriques (catégorie 2.G.1 du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie du SF₆ des 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 plus bas. Dans son ensemble, l'incertitude pour cette catégorie a été estimée à $\pm 30,0$ %. Selon les années, les sources des données et la méthodologie employée pour estimer les émissions de SF₆ des équipements électriques pourraient varier, comme nous l'avons expliqué dans la section 4.17.2 (Questions de méthodologie).

Émissions d'oxyde de diazote provenant d'applications médicales (catégorie 2.G.3.a du CUPR) et utilisation d'agent propulseur (catégorie 2.G.3.b du CUPR)

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été effectuée pour les catégories d'émissions de N₂O imputables à des applications médicales et à son utilisation comme agent propulseur. On a tenu compte des incertitudes attribuables aux ventes nationales, aux importations, aux profils de ventes et aux coefficients d'émission. On a évalué l'incertitude pour ces catégories combinées à ± 20 %. On s'attend à ce 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 imputables à d'autres utilisations de produits confinés (catégorie 2.G.4 du CUPR)

Une évaluation de niveau 1 de l'incertitude a été faite pour l'ensemble de la catégorie des émissions de PFC provenant d'Autres utilisations de produits confinés. Nous présumons que les incertitudes inhérentes aux données sur les activités des distributeurs de gaz et des installations sont de 2 % et avons évalué l'incertitude sur les coefficients d'émission 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.

4.18.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification par catégorie

Les catégories suivantes : Émissions de N₂O imputables à des applications médicales et à l'utilisation du N₂O comme agent propulseur et Émissions de PFC issues d'autres utilisations de produits confinés ont fait l'objet de contrôles tels qu'ils sont définis dans le manuel sur la qualité du Canada (*General Quality Control Checklist Guidance*) (Environnement Canada, 2015). Les contrôles étaient conformes aux exigences relatives à l'AQ/CQ énoncées au chapitre 6, du volume 1, des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

La catégorie Consommation de SF₆ dans l'équipement électrique a fait l'objet de contrôles de la qualité informels tout au long du processus d'estimation des émissions.

4.18.5. Recalculs par catégorie

Émissions d'hexafluorure de soufre des Équipements électriques (catégorie 2.G.1 du CUPR)

Il y a eu des recalculs pour les émissions de SF₆ provenant de l'équipement électrique de 8,3 kt d'éq. CO₂ en 2019 et de -10 kt d'éq. CO₂ en 2020 en raison de mises à jour des données sur les activités.

4.18.6. Améliorations prévues par catégorie

Émissions d'hexafluorure de soufre des Équipement électriques (catégorie 2.G.1 du CUPR)

Comme il est mentionné plus haut, le SF₆ 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 SF₆ et du CF₄ pour améliorer la performance de l'équipement par temps froid. Le Canada ne déclare actuellement que les émissions de SF₆ de cette catégorie de source (catégorie 2.G.1 du CUPR). Il est prévu de recueillir des données sur les émissions de CF₄ 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 du CUPR)

Cette catégorie est une catégorie fourre-tout pour les utilisations de SF₆ et de PFC dans des produits qui ne sont pas compris dans les autres catégories du CUPR. L'EEE de la CCNUCC a recommandé que l'équipe responsable de l'inventaire effectue une évaluation de l'importance de cette catégorie. Par le passé, une recherche préalable a été menée et a permis de trouver que les activités mentionnées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (section 8.3 du volume 3) semblaient ne pas avoir lieu à un niveau détectable et la catégorie est maintenant déclarée « NE » (non estimée) dans le logiciel CRF Reporter.

Pour évaluer la catégorie, une enquête à participation volontaire pour la déclaration de données sera envoyée aux distributeurs de gaz pour obtenir une estimation, pour la série chronologique, des ventes de SF₆ et de PFC au Canada pour les activités d'Utilisation dans d'autres produits. En outre, pendant la collecte de données sur les ventes de SF₆ et de PFC de 2014 à 2020, nous avons cerné les acheteurs canadiens de gaz dont les activités pourraient figurer dans cette catégorie. Dans l'ensemble de données, de grands utilisateurs finaux potentiels ont reçu ou vont recevoir le questionnaire d'enquête pour déclarer leurs données sur les activités des dernières années. De même, des organismes nationaux pertinents dans certaines applications (comme ceux qui s'y connaissent en accélérateurs de particules et dans les utilisations en ophtalmologie) ont été ou seront contactés ou le seront. Lorsqu'un ensemble complet de données sera recueilli, les émissions seront estimées à l'aide d'une méthode de niveau 1 en vue d'évaluer l'importance des émissions de cette catégorie. Si les émissions sont significatives (c.-à-d. si elles représentent plus de 500 kt d'éq. CO₂ ou plus de 0,05 % du total national des émissions), nous nous efforcerons d'élaborer et de publier une méthode d'estimation des émissions pour toute la série chronologique pour l'ensemble de la série chronologique.

Émissions d'oxyde de diazote attribuables à des Applications médicales (catégorie 2.G.3.a du CUPR) et à l'Utilisation comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b du CUPR)

Il est prévu de mettre à jour un profil canadien des ventes de N₂O par application dans les futurs rapports d'inventaire dans les estimations des émissions des catégories Émissions de N₂O attribuables aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a du CUPR) et Utilisation de N₂O comme agent propulseur (catégorie 2.G.3.b du CUPR). La ventilation actuelle des ventes est censée être la même qu'en 2005.

Émissions de PFC imputables à d'autres utilisations de produits confinés (catégorie 2.G.4 du CUPR)

Cette catégorie peut chevaucher d'autres catégories existantes. Les données sur les activités appartenant à cette catégorie sont en cours de révision. Nous étudions les anciennes sources de données afin de nous assurer que les émissions estimatives sont réattribuées aux bonnes catégories pour une meilleure comparabilité d'un inventaire à l'autre.

AGRICULTURE (SECTEUR 3 DU CUPR)

5.1. Aperçu	165
5.2. Fermentation entérique (catégorie 3.A du CUPR)	168
5.3. Gestion des fumiers (catégorie 3.B du CUPR)	171
5.4. Émissions de N ₂ O attribuables aux sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)	176
5.5. Émissions de CH ₄ et de N ₂ O attribuables au brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F du CUPR)	188
5.6. Émissions de CO ₂ attribuables au chaulage (catégorie 3.G du CUPR)	189
5.7. Émissions de CO ₂ attribuables à l'application d'urée (catégorie 3.H du CUPR)	190

5.1. Aperçu

Au Canada, les émissions du secteur de l'Agriculture ont représenté 7 % des émissions totales de gaz à effet de serre (GES) par année de 1990 à 2020, puis ont augmenté à 8 % en 2021. Les émissions de ce secteur ont augmenté de 32 % entre 1990 et 2021. Les catégories de sources d'émissions du secteur de l'agriculture incluent la Fermentation entérique (méthane [CH₄]) et la Gestion des fumiers (oxyde nitreux [N₂O] et CH₄) pour les émissions associées à la production animale et les Sols agricoles (N₂O) et l'Incinération des résidus agricoles dans les champs (CH₄ et N₂O) pour les émissions associées à la production agricole. Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) provenant du chaulage et de l'application et d'urée sont déclarées dans le secteur de l'Agriculture; toutefois, les émissions et les absorptions de CO₂ par les terres agricoles sont incluses 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 de l'Agriculture canadien 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 la volaille. D'autres animaux d'élevage, comme les bisons¹, 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 77 % 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 90 % 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 avec 15 millions d'animaux chacun. Par la suite, les populations bovine et porcine ont diminué à 11 millions et 12,5 millions de têtes respectivement en 2010, ont remonté à 14 millions de têtes en 2016 et sont restées stables par la suite. Depuis 1990, la population de volaille a augmenté pour atteindre 154 millions de têtes en 2016 avant de diminuer à 151 millions en 2021, 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 2021.

En raison des changements dans les pratiques culturales au Canada, la production de canola est passée de 3,3 Mt en 1990 à 19 Mt en 2020, avant de diminuer à 14 Mt en 2021, celle du maïs, de 7 Mt à 14 Mt, et du soja, de 1,3 Mt à 6,3 Mt. Entre 1990 et 2002, la production de blé a diminué de façon marquée, passant de 32 Mt à 16 Mt, mais a réaugmenté pour atteindre 35 Mt

¹ Dans les tableaux du CUPR, 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 2020 avant de diminuer à nouveau, se chiffrant à 22 Mt en 2021. Avec les changements touchant la production agricole, l'utilisation d'engrais azotés (N) inorganiques a plus que doublé, passant de 1,2 Mt en 1990 à 3,0 Mt en 2021, pendant que la superficie des terres visées par des pratiques de conservation du sol a augmenté de 18 millions d'hectares (Mha).

En raison de ces changements combinés dans le bétail et la production agricole, les émissions totales de GES du secteur de l'Agriculture au Canada sont passées de 41 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 54 Mt d'éq. CO₂ en 2021 (Tableau 5-1). Cette hausse de 32 % est principalement attribuable aux émissions associées à l'utilisation accrue d'engrais azotés inorganiques (augmentation de 148 % des expéditions de N), aux diminutions récentes de la proportion des cultures pérennes, à l'augmentation des cheptels de porcs (38 %) et à une modification des pratiques relatives au poids des animaux et en matière d'alimentation, et de gestion des fumiers dans l'industrie des bovins laitiers et l'industrie porcine.

Les émissions de CH₄ attribuables aux animaux d'élevage sont passées de 25 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 28 Mt d'éq. CO₂ en 2021, les estimations moyennes se situant dans une plage d'incertitude de -6 % à +20 %. Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2021, on estime que les émissions moyennes de CH₄ ont augmenté de 3,6 Mt d'éq. CO₂, soit de 14 %, la plage d'incertitude se situant entre 10 % et 17 %. Les émissions de N₂O attribuables aux sols agricoles et aux

Tableau 5-1 Évolution à court et à long terme des émissions de gaz à effet de serre provenant du secteur de l'Agriculture

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)									
	1990	2000	2005	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agriculture – TOTAL^a	41 000	51 000	54 000	52 000	53 000	52 000	53 000	54 000	55 000	54 000
Fermentation entérique (CH₄)	22 000	28 000	31 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000
Bovins laitiers	4 000	3 400	3 200	3 200	3 200	3 300	3 400	3 500	3 500	3 500
Bovins de boucherie ^b	18 000	23 000	26 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Autres ^c	730	1 100	1 300	1 000	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100
Gestion des fumiers	6 100	7 900	8 700	7 700	7 800	7 800	7 800	7 800	7 800	7 800
Bovins laitiers CH ₄	430	560	680	870	880	890	920	940	950	960
N ₂ O	520	460	350	260	260	260	270	270	270	270
Bovins de boucherie ^b CH ₄	810	1 100	1 200	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
N ₂ O	1 900	2 700	3 000	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300
Porcs CH ₄	1 000	1 500	1 800	1 600	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
N ₂ O	100	70	70	50	50	50	50	50	50	50
Volaille CH ₄	160	190	190	200	200	200	200	200	190	190
N ₂ O	430	530	540	600	610	610	600	590	580	580
Others ^d CH ₄	40	50	60	50	40	40	40	40	40	30
N ₂ O	90	140	170	130	120	120	120	110	110	110
Source indirecte de N ₂ O	600	680	720	610	610	610	610	600	600	600
Sols agricoles (N₂O)	11 000	13 000	13 000	18 000	18 000	17 000	19 000	19 000	20 000	19 000
Sources directes	8 700	10 000	10 000	14 000	14 000	14 000	15 000	15 000	16 000	15 000
Engrais azotés synthétiques	4 400	5 800	5 300	8 900	9 000	8 400	9 400	9 500	11 000	10 000
Engrais azotés organiques	1 200	1 400	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 400	1 400
Décomposition des résidus de culture	2 500	2 800	3 100	4 000	4 400	4 400	4 300	4 300	4 500	3 400
Travail des sols organiques	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Minéralisation du carbone de la matière organique du sol	210	230	270	690	390	320	350	430	550	470
Conservation du sol ^e	-410	-990	-1 200	-2 300	-2 300	-2 200	-2 400	-2 400	-2 600	-2 400
Irrigation	560	720	780	1 100	1 200	1 100	1 200	1 200	1 300	1 200
Fumier dans les pâturages, les grands parcours et les enclos	220	240	260	210	200	200	200	200	200	190
Sources indirectes	2 600	3 100	3 100	3 800	3 900	3 800	3 900	3 900	4 200	4 000
Incinération des résidus agricoles dans les champs (CH₄ et N₂O)	220	130	40	60	50	50	50	50	50	30
Application de chaux et d'urée (CO₂)	1 200	1 600	1 400	2 600	2 500	2 400	2 600	2 700	3 000	3 100

Notes :

- La somme pourrait ne pas correspondre au total indiqué en raison de l'arrondissement.
- Les « bovins de boucherie » incluent les génisses laitières. Cela correspond à la catégorie des « bovins non laitiers » dans les tableaux du RCP.
- Comprend : bisons, chèvres, chevaux, agneaux, lamas/alpagas, porcs, chevreuils/wapitis, sangliers.
- Comprend : bisons, chèvres, chevaux, agneaux, lamas/alpagas, renards, visons, lapins, chevreuils/wapitis, sangliers.
- Les valeurs négatives indiquent une réduction des émissions de N₂O grâce à l'adoption de méthodes de conservation du sol.

animaux d'élevage sont passées de 15 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 23 Mt d'éq. CO₂ en 2021, 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 N₂O ont augmenté de 7,8 Mt d'éq. CO₂, soit de 52 %.

Les émissions du secteur de l'Agriculture ont atteint un sommet en 2005, puis ont diminué à 49 Mt d'éq. CO₂ en 2011, avec une réduction des émissions de la production de bétail attribuable à la baisse des populations d'animaux (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 pendant 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 causé une hausse des émissions par rapport à celles plus faibles de 2011 s'élevant à 55 Mt d'éq. CO₂ en 2020; les émissions ont toutefois diminué de nouveau en 2021 pour passer à 54 Mt d'éq. CO₂, en raison d'une grave sécheresse qui a entraîné une diminution de la production agricole dans les Prairies.

Dans le présent rapport, les émissions ont été révisées à la baisse de 43 kt d'éq. CO₂ pour 1990 et de 29 kt d'éq. CO₂ pour 2005 et ont été revues à la hausse de 332 kt d'éq. CO₂ pour 2020, par rapport à la soumission précédente, soit des recalculs de -0,1 %, de -0,05 % et de +0,6 %, respectivement (Tableau 5-2).

Les recalculs résultent principalement de l'intégration des données sur les activités du recensement de l'agriculture de 2021. Dans une moindre mesure, les modifications s'expliquent par (i) une actualisation des séries chronologiques de données sur les activités visant à assurer l'uniformité avec les mises à jour ou les révisions des sources de données; (ii) la mise en œuvre de la méthode de niveau 1 pour l'estimation des émissions de monoxyde d'azote issues de la gestion des fumiers, d'après le document « 2019 EMEP/EEA Guidebook » (EEA, 2019); (iii) la correction d'erreurs mineures. Voir le Tableau 5-2, le Tableau 5-3 et l'Annexe 3.4 pour de plus amples renseignements sur les recalculs et les révisions apportées à la méthodologie.

Il n'y a aucune production de riz au Canada; les émissions de CH₄ issues de la riziculture y sont donc inexistantes. Le brûlage dirigé des savanes n'est pas une pratique utilisée au Canada.

Tableau 5-2 Résumé quantitatif des recalculs pour le secteur de l'Agriculture dans le Rapport d'inventaire national de 2023										
		Recalculs (kt d'éq. CO ₂)								
		1990	2000	2005	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rapport précédent (RIN de 2022)		41 000	51 000	54 000	52 000	53 000	52 000	53 000	53 000	55 000
Rapport actuel (RIN de 2023)		41 000	51 000	54 000	52 000	53 000	52 000	53 000	54 000	55 000
Changement dû à l'amélioration continue ou à une révision :										
Mises à jour des données sur les activités (recensement de l'agriculture de 2021, produits du sondage annuel)										
Fermentation entérique	kt d'éq. CO ₂	0	0	0	-8,4	-5,7	74	330	410	690
	%	0	0	0	-0,0002	-0,0001	0,0014	0,0062	0,0077	0,013
Gestion des fumiers	kt d'éq. CO ₂	0	0	0	-35	-23	-20	19	4	33
	%	0	0	0	-0,0007	-0,0004	-0,0004	0,0004	0,00008	0,0006
Sols agricoles	kt d'éq. CO ₂	-23	-29	-2	-31	-32	14	-5	-39	-330
	%	-0,0006	-0,0006	0	-0,0006	-0,0006	0,0003	-0,0001	-0,0007	-0,006
Mise en œuvre de la méthode de détection du monoxyde d'azote de niveau 1, tirée des lignes directrices de l'EMEP/AEE										
Gestion des fumiers	kt d'éq. CO ₂	2	1	1	-2	-1	-3	-4	-7	-11
	%	0	0	0	0	0	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0002
Correction d'erreurs										
Sols agricoles	kt d'éq. CO ₂	-22	-25	-28	-22	-45	-21	-29	-35	-54
	%	-0,0005	-0,0005	-0,0005	-0,0004	-0,0008	-0,0004	-0,0005	-0,0007	-0,001
Incineration des résidus agricoles dans les champs	kt d'éq. CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	%	0	0	0	0	0	0	0	0,00002	0

Tableau 5-3 Résumé qualitatif des révisions des méthodologies, des corrections et des améliorations apportées au rapport du Canada pour 2023		
Correction ou amélioration	Catégories de recalcul visées	Années visées
Mises à jour des données sur les activités (recensement de l'agriculture de 2021, produits du sondage annuel)	Émissions de CH ₄ de la fermentation entérique et de la gestion des fumiers Émissions directes et indirectes de N ₂ O de la gestion des fumiers Émissions directes et indirectes de N ₂ O des sols agricoles	Toute la série chronologique
Mise en œuvre de la méthode de détection du monoxyde d'azote de niveau 1, tirée des lignes directrices de l'EMEP/AEE	Émissions indirectes de N ₂ O de la gestion des fumiers	Toute la série chronologique
Erreurs diverses	Émissions directes et indirectes de N ₂ O des sols agricoles CH ₄ et N ₂ O de l'incinération des résidus agricoles dans les champs	Toute la série chronologique

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.

5.2. Fermentation entérique (catégorie 3.A du CUPR)

5.2.1. Description de la catégorie de sources

Le méthane (CH_4) est produit durant le processus normal de digestion des herbivores, y compris ceux faisant l'objet d'un élevage, soit la fermentation entérique. 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, combinant des systèmes d'élevage intensif où une densité élevée d'animaux est engraisée dans des parcs d'engraissement, et des systèmes de pâturage de faible densité de type ranch pour des exploitations de naissance. La majorité de la production laitière se fait dans l'Est du Canada dans des installations présentant un niveau de production élevé, 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/alpagas, les cerfs et les wapitis, les sangliers et les moutons, sont élevés comme du 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, on reconnaît que certains paramètres de la production laitière ne sont pas demeurés stables au fil du temps, et 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 des améliorations génétiques ainsi qu'à des aliments de meilleure qualité et mieux distribués aux troupeaux de bovins laitiers au cours de la période de 1990 à 2019 s'est traduite par un accroissement de 23 % du coefficient d'émission 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) devient plus grande et requiert une plus grande consommation d'aliments.

Chez les bovins de boucherie, les changements du poids corporel à la maturité influent sur l'énergie nécessaire au maintien et à la croissance (EN_m et EN_g), et ces changements ont donc des effets 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 le poids des animaux destinés à l'abattage a continué d'augmenter, mais à un taux plus faible. Les coefficients d'émission ont depuis diminué par suite d'une combinaison de la stabilisation du poids des bovins et d'une dérivation au sein des populations de la sous-catégorie des

bovins. Depuis 2005, les vaches de boucherie et les populations 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 CH₄ imputables à la fermentation entérique continuent d'être estimées à l'aide de la méthode de niveau 1 du GIEC. Les catégories Volaille, Lapins et Animaux à fourrure sont exclus des estimations de la Fermentation entérique, étant donné qu'il n'y a actuellement pas de coefficients d'émission disponibles.

Les données sur les activités, qui consistent en des populations d'animaux pour chaque catégorie et sous-catégorie, par province, ont été obtenues de Statistique Canada (Annexe 3.4, Tableau A3-1). 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. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une analyse d'incertitude de la méthode a été réalisée pour estimer les émissions de CH₄ de sources agricoles à l'aide de la technique de Monte-Carlo. Cette analyse tenait compte du niveau 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. Les détails de cette analyse se trouvent à l'Annexe 3.4, 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 2019, les plages d'incertitude de l'analyse de 2012 ont été appliquées aux nouvelles estimations des émissions. Une analyse de l'incertitude des résultats du modèle d'émissions des bovins laitiers mis à jour n'a pas encore été effectuée, et 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 CH₄ attribuables à la catégorie de la Fermentation entérique étaient semblables en 1990 et en 2020, et la moyenne des estimations en 2021 se situe dans une plage d'incertitude de -14 % à +17 % (Tableau 5-4). Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2021, on estime que la moyenne des émissions a augmenté de 1,3 Mt d'éq. CO₂, soit une hausse de 6 %. L'augmentation se situe dans une plage d'incertitude de +4 % à +13 %.

L'incertitude relative aux émissions était principalement due au calcul du coefficient d'émission. La plage d'incertitude entourant le calcul des coefficients d'émission de niveau 2 était le plus grand facteur d'incertitude dans le cas des bovins non laitiers. 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 dans la méthodologie de calcul de niveau 2, en particulier le taux de conversion du CH₄ (Y_m) et le coefficient associé à l'estimation de l'énergie nette de maintien (C_f) (Karimi-Zindashty et al., 2012).

La méthode et les paramètres utilisés pour le calcul des coefficients d'émission sont conformes dans l'ensemble de la série chronologique (1990–2021), à l'exception de la production laitière pour les bovins laitiers. La série chronologique de la production laitière de 1990 à 1998 est estimative. Il existe au Canada 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 maintenant. La production laitière réelle de la totalité du cheptel canadien de 1990 à 1998 a été calculée à partir du 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 CH₄ dues à la fermentation entérique

Catégorie de bétail	Source de l'incertitude		Valeur moyenne ^{a, b}	Probabilité de 2,5 %	Probabilité de 97,5 %
Bovins laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		974	923 (-5,2 %)	1025 (+5,2 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		143	122 (-15 %)	171 (+19 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		3,5	2,9 (-16 %)	4,2 (+20 %)
Bovins non laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		11 083	10 871 (-1,9 %)	11 309 (+2,0 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		72	61 (-15 %)	84 (+18 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		20	17 (-16 %)	24 (+21 %)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		1,1	0,87 (-18 %)	1,2 (+18 %)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	1990	22	19 (-16 %)	27 (+21 %)
		2021	24	21 (-14 %)	29 (+17 %)
		Tendance	2,1 (+9,4 %)	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 2021.

b. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne, à l'exception des données sous « Tendance », où les valeurs entre parenthèses représentent la variation en pourcentage entre 1990 et 2021.

5.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification

La Fermentation entérique, en tant que catégorie clé, 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). De plus, les données sur les activités, les méthodes et les changements sont illustrés et archivés 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 qui ont été 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 spécifique 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 du modèle des bovins exigent que des paramètres propres au pays, qui tiennent compte des effets des pratiques régionales de gestion sur les émissions, soient élaborés en remplaçant les valeurs par défaut du GIEC utilisées dans le modèle des émissions, comme cela a été fait pour les bovins laitiers. On trouve plus de précisions à ce sujet à l'Annexe 3.4. Une étude d'assurance qualité descendante a été réalisée à l'aide d'une technologie des flux fondée sur les données d'aéronefs recueillies à basse altitude (Desjardins et al., 2018). Bien qu'il ait été difficile de concilier les estimations de la méthode descendante avec les estimations de la méthode ascendante en raison des difficultés à différencier les émissions de CH₄ du secteur agricole des émissions des milieux humides, les estimations issues de la méthode descendante étaient conformes à celles établies à l'aide de la méthode ascendante dans les régions où les émissions des milieux humides étaient minimales.

5.2.5. Recalculs

La catégorie Fermentation entérique a fait l'objet de recalculs dans la soumission du RIN de 2023 en raison de l'intégration des données sur les activités du recensement de l'agriculture de 2021 et de la mise à jour générale des données sur les activités des populations passées dans les enquêtes (Tableau 5-5). Ces modifications n'ont eu aucune incidence sur les données de 1990 ou de 2005, mais ont fait augmenter de 690 kt d'éq. CO₂ les émissions de 2020, ce qui a fait passer la tendance à court terme de -23 % à -21 % et la tendance à long terme, de +6 % à +9 %.

Tableau 5-5 Recalculs des estimations des émissions et leur incidence sur les tendances des émissions et sur les émissions totales des sources agricoles provenant de la fermentation entérique et les émissions de CH₄ et de N₂O de la gestion des fumiers

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO ₂)	Changement dans les émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Fermentation entérique	1990	2022	22 347	0	0	Long terme (1990–2020)	
		2023	22 347			6	9
	2005	2022	30 821	0	0	Court terme (2005–2020)	
		2023	30 821			-23	-21
	2020	2022	23 677	693	2,9		
		2023	24 370				
Gestion des fumiers – CH ₄	1990	2022	2 461	0,01	0	Long terme (1990–2020)	
		2023	2 461			58	57
	2005	2022	3 908	0,001	0	Court terme (2005–2020)	
		2023	3 908			0	-1
	2020	2022	3 891	-16	-0,42		
		2023	3 875				
Gestion des fumiers – émissions directes de N ₂ O	1990	2022	3 042	0,08	0	Long terme (1990–2020)	
		2023	3 042			8	10
	2005	2022	4 088	-0,001	0	Court terme (2005–2020)	
		2023	4 088			-20	-18
	2020	2022	3 290	50	1,5		
		2023	3 339				
Gestion des fumiers – émissions indirectes de N ₂ O	1990	2022	584	1,9	0,33	Long terme (1990–2020)	
		2023	586			5	2
	2005	2022	720	1,0	0,13	Court terme (2005–2020)	
		2023	721			-15	-17
	2020	2022	611	-11	-1,9		
		2023	600				

5.2.6. Améliorations prévues

En général, la méthode de calcul des émissions de la fermentation entérique est 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'élaboration de paramètres propres aux diverses sous-catégories d'animaux dans les différentes régions du Canada. Des 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, dans le but de caractériser la variabilité des stratégies de gestion des animaux dans différentes régions du Canada. 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 du CUPR)

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.

Du CH₄ et du N₂O sont libérés pendant la manutention ou le stockage des fumiers. L'ampleur des émissions dépend de la quantité de fumier manipulée, de ses propriétés et du type de SGDA utilisé. En général, les SGDA à faible aération émettent beaucoup de CH₄, mais relativement peu de N₂O, alors que les systèmes bien aérés émettent beaucoup de N₂O et relativement peu de CH₄.

Les pratiques de gestion des fumiers varient d'une région et d'une catégorie d'animaux à l'autre, et au fil du temps. Les élevages laitier, avicole et porcin ont lieu dans des installations d'élevage modernes comptant une grande densité d'animaux. Depuis, 1990, l'industrie laitière a modifié ces pratiques d'entreposage du fumier, et de petites installations équipées de systèmes de fumier solide sont remplacées par de grandes installations dotées de systèmes de fumier liquide. L'industrie porcine produit de grandes quantités de fumier liquide, et une utilisation accrue des systèmes de gestion du fumier liquide 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 et 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 CH₄ imputables à la gestion des fumiers (catégorie 3.B [a] du CUPR)

5.3.1.1. Description de la catégorie de sources

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 CO₂. Cependant, s'il y a peu d'oxygène, le carbone est réduit, ce qui entraîne la production de CH₄. La quantité de CH₄ 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

On calcule les émissions de CH₄ imputables à la gestion des fumiers 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 été utilisées pour estimer les émissions imputables à la fermentation entérique (section 5.2.2). Les coefficients d'émission de CH₄ de la Gestion des fumiers sont estimés à l'aide de la méthode de niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006).

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. On a utilisé, pour les bovins laitiers et les bovins de boucherie, le modèle de production animale de niveau 2 de Boadi et al. (2004) afin de 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 afin de mieux rendre compte des tendances liées aux pratiques en matière d'alimentation ou au poids des bêtes, comme le décrit l'Annexe 3.4. En particulier, 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 à la modification du 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 et de l'équation de la teneur en cendres des fumiers de Marinier et al. (2004). Pour tous les autres animaux, on a utilisé les SV de Marinier et al. (2004) sur la base de la teneur en cendres et de 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. La quantité de solides volatils 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, on a utilisé des paramètres différents 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 systèmes de gestion des déchets animaux. Pour les catégories d'espèces animales majeures autres que les bovins laitiers et les porcs, les facteurs de conversion de CH_4 sont tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC et la proportion de fumier traité par les SGDA provient de Marinier et al. (2005) pour chaque province, et 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, une série chronologique relative au système d'entreposage du fumier a été établie de manière à assurer un suivi de l'évolution de la proportion de fumier traité par des sous-systèmes de gestion des déchets animaux avec et sans croûte et couverture. Les valeurs des FCM tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC 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), on a appliqué des coefficients d'émission de niveau 1. La section A3.4.3.3 de l'Annexe 3.4 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 2021 (voir l'Annexe 3.4.3) 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 importante encore, pour cette catégorie d'animaux, les coefficients d'émission 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 l'Annexe A3.4.3.6) pour les truies est liée au transfert de la production porcine de l'Est vers l'Ouest canadien et, pour les porcs en croissance, elle découle de l'augmentation des taux de croissance et du poids final des carcasses.

5.3.1.3. 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 technique de Monte-Carlo, comprenait les émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers. Cette analyse utilisait des estimations des paramètres et des distributions d'incertitudes tirées de Marinier et al. (2004) accompagnées d'informations provenant de Karimi-Zindashty et al. (2012), de même que des paramètres supplémentaires mis à jour propres à l'analyse. Les détails de cette analyse se trouvent à la section A3.4.3.8 de l'Annexe 3.4.

L'estimation des émissions de CH_4 dues à la gestion des fumiers du bétail au Canada en 2021, soit 3,9 Mt d'éq. CO_2 , se situe dans une plage d'incertitude de -28 % à +23 % (Tableau 5–6). L'estimation des émissions en 1990, soit 2,5 Mt d'éq. CO_2 , présente 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 59 % de la moyenne des émissions entre 1990 et 2021 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 limite supérieure de la plage d'incertitude entourant le coefficient d'émission atteignait jusqu'à 110 % dans le cas des bovins laitiers. L'incertitude associée aux émissions concernait principalement l'utilisation de paramètres par défaut du GIEC dans la méthode de calcul de niveau 2, en particulier du facteur de correction du CH_4 (FCM), qui a été appliqué à toutes les régions du Canada et à tous les types d'animaux, et du potentiel maximal de production de CH_4 (B_0) (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, on ne s'attend pas à ce que les changements apportés à ces modèles puissent avoir de grandes répercussions sur l'incertitude liée à la gestion des fumiers à l'échelle nationale. L'ajout d'une série chronologique pour les SGDA des secteurs laitier et porcin pourrait toutefois jouer un rôle important en influant sur l'incertitude de la tendance des émissions liées à la gestion des fumiers.

La méthode et les paramètres utilisés dans le calcul des coefficients d'émission sont conformes pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2020), à l'exception des données sur la production laitière des bovins laitiers 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 5-6 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH₄ 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)		974	923 (-5,2 %)	1 025 (+5,2 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		39	21 (-45 %)	53 (+37 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		0,95	0,52 (-45 %)	1,30 (+37 %)
Bovins non laitiers	Cheptel (1 000 têtes)		11 083	10 871 (-1,9 %)	11 309 (+2,0 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		3,6	2,7 (-25 %)	5,3 (+45 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		1	0,7 (-27 %)	1,51 (+51 %)
Porcs	Cheptel (1 000 têtes)		14 043	13 710 (-2,4 %)	14 382 (+2,4 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		4,8	2,2 (-54 %)	7,0 (+45 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		1,7	0,9 (-49 %)	2,41 (+42 %)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		0,23	0,16 (-31 %)	0,26 (+14 %)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	1990	2,5	1,4 (-44 %)	3,3 (+36 %)
		2021	3,9	2,8 (-28 %)	4,8 (+23 %)
	Tendance	1990-2021	1,4 (+59 %)	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 2021.

b. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne, à l'exception des données sous « Tendance », où les valeurs entre parenthèses représentent la variation en pourcentage entre 1990 et 2021.

5.3.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification

Cette catégorie a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1, tels qu'ils sont décrits dans le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3 du Chapitre 1), et ce, d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités et les méthodes sont documentées et archivées en format électronique. Les coefficients d'émission de CH₄, 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 qui ont été 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. On trouve plus de précisions à ce sujet à la section A3.4.3.7 de l'Annexe 3.4.

5.3.1.5. Recalculs

Des recalculs mineurs ont été effectués pour les émissions de CH₄ dues à la gestion des fumiers pour toutes les années en raison de la mise à jour des données sur les activités, y compris celles du recensement de l'agriculture de 2021. Ces changements ont entraîné une révision à la hausse des estimations des émissions de 0,01 kt d'éq. CO₂ pour 1990 et de 0,001 kt d'éq. CO₂ pour 2005, et une révision à la baisse de 16 kt d'éq. CO₂ pour 2020. Les recalculs ont mené à une diminution de 1 % des tendances d'émissions à court terme (de 0 % à -1 %) et à long terme (de 58 % à 57 %) (Tableau 5-5).

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 systèmes de gestion des déchets animaux d'après l'enquête sur la gestion des fermes (EGF) de Statistique Canada. Ces données, combinées à celles publiées au Canada sur la gestion des animaux d'élevage (Sheppard et al., 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2011b; Sheppard et Bittman, 2011, 2012) peuvent avoir servi de base à l'élaboration d'une nouvelle série chronologique sur la gestion des fumiers pour les productions laitière et porcine au Canada, et on envisage d'entreprendre des travaux pour d'autres grandes catégories de bétail. On envisage également d'apporter d'autres améliorations à moyen terme aux paramètres utilisés pour le calcul des SV d'après les changements à l'alimentation des animaux.

5.3.2. Émissions de N₂O imputables à la gestion des fumiers (catégorie 3.B [b] du CUPR)

5.3.2.1. Description de la catégorie de sources

La production d'oxyde nitreux (N₂O) au cours du stockage et du traitement des déjections animales survient durant la nitrification et la dénitrification de l'azote que contient le fumier. La nitrification est l'oxydation de l'ammonium (NH₄⁺) en nitrate (NO₃⁻), et la dénitrification est la réduction de NO₃⁻ en N₂O ou en N₂. Le fumier produit par les catégories bovins non laitiers, moutons, chèvres et chevaux et d'autres catégories mineures de bétail est géré principalement au moyen de systèmes solides et en parc d'élevage, qui constituent les types de systèmes de gestion des déchets animaux émettant les plus grandes quantités de N₂O. Les émissions de N₂O 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 N₂O 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 d'azote de cette catégorie et par le coefficient d'émission associé au système de gestion des déchets animaux.

Pour les bovins laitiers, l'excrétion d'azote 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 d'azote et la rétention d'azote. L'ingestion d'azote est calculée en fonction de la consommation d'énergie brute et du pourcentage de protéines brutes dans les aliments, alors que la rétention d'azote est calculée au moyen des données sur la production laitière et le poids des bovins, comme décrit à l'Annexe 3.4. Les coefficients d'émission de N₂O par défaut du GIEC sont attribués aux sous-systèmes de gestion des déchets animaux (voir l'Annexe 3.4.3.3) et des coefficients d'émission de N₂O pondérés sont élaborés en tenant compte de la proportion de fumier traité par chacun des sous-systèmes.

L'excrétion d'azote chez les porcs est calculée pour les animaux de marché et de reproduction au moyen de la méthode de niveau 1 du GIEC, de même qu'une série chronologique relative à la masse animale propre au pays pour les animaux de marché. Les coefficients d'émission de N₂O par défaut du GIEC sont attribués aux sous-systèmes de gestion des déchets animaux (voir l'Annexe 3.4.3.3), et des coefficients d'émission de N₂O pondérés relatifs aux SGDA sont élaborés en tenant compte de la proportion de fumier traité par chacun des sous-systèmes.

Pour toutes les autres catégories de bétail, l'excrétion d'azote 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.

Les données sur la caractérisation des animaux sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour les estimations relatives à la Fermentation entérique (section 5.2) et à la Gestion des fumiers (section 5.3.1). Les coefficients d'émission par défaut pour un pays développé au climat frais, lesquels sont définis dans les Lignes directrices 2006 du GIEC, servent à estimer la quantité d'azote dans le fumier émise sous forme de N₂O pour chaque type de système de gestion des déchets animaux.

5.3.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Pour estimer les émissions de N₂O produites par des sources agricoles, une analyse de l'incertitude au moyen de la technique de Monte-Carlo (Karimi-Zindashty et al., 2014) a été utilisée. L'incertitude associée aux paramètres définis dans la méthode de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC, relativement aux émissions de N₂O liées à la gestion des fumiers, et toutes les incertitudes relatives aux systèmes de gestion des déchets animaux, aux populations d'animaux et aux caractérisations étaient identiques à celles prises en compte dans l'analyse des émissions de CH₄ imputables à la Fermentation entérique et à la Gestion des fumiers définies aux sections 5.2.3 et 5.3.1.3. Les détails de cette analyse se trouvent à l'Annexe 3.4, section A3.4.6.

L'estimation des émissions directes de N₂O imputables à la Gestion des fumiers, qui était de 3,3 Mt d'éq. CO₂ en 2020, se situe dans une plage d'incertitude de 1,9 Mt d'éq. CO₂ (-43 %) à 5,0 Mt d'éq. CO₂ (+51 %) (Tableau 5-7). La plus grande 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 N₂O 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 nouveaux 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 (1990–2021).

5.3.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, la méthodologie et les changements apportés aux méthodologies ont été documentées et archivés sous format 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 N₂O dans le domaine de l'agriculture.

Peu de données sont publiées par rapport aux émissions de N₂O dues à la gestion et au stockage du fumier au Canada, ou dans les régions où les pratiques et les conditions climatiques sont comparables à celles du Canada. Des études canadiennes plus normalisées et détaillées sont nécessaires pour améliorer les méthodes actuelles.

5.3.2.5. Recalculs

Les émissions directes de N₂O issues de la gestion des fumiers ont fait l'objet de recalculs pour toutes les années (Tableau 5–5) en raison de l'intégration des données du recensement de l'agriculture de 2021 et d'autres mises à jour des données sur les activités. L'incidence nette de ces changements a été une légère diminution des émissions de 0,08 kt d'éq. CO₂ en 1990, une diminution de 0,001 kt d'éq. CO₂ en 2005 et une hausse des émissions de 50 kt d'éq. CO₂ pour 2020. Les recalculs ont légèrement modifié à la hausse les tendances à court terme (de -20 % à -18 %) et à long terme (de 8 % à 10 %) (Tableau 5–5).

5.3.2.6. Améliorations prévues

Au Canada, il existe peu de données sur les mesures directes des émissions de N₂O dues à la gestion des fumiers. Grâce aux récents progrès de la science par rapport aux techniques analytiques, on peut désormais mesurer directement les émissions de N₂O à partir de sources ponctuelles. Toutefois, il faudra sans doute plusieurs années avant que les émissions de N₂O 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, et 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 d'azote propres au pays. Ces données ont été intégrées pour ce qui est 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 N₂O imputables à la gestion des fumiers (catégorie 3.B [c] du CUPR)

5.3.3.1. Description de la catégorie de sources

Les émissions de N₂O imputables à la gestion des fumiers peuvent aussi être générées indirectement par la volatilisation de l'ammoniac (NH₃) et du lessivage d'azote 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 NH₃ et de NO_x ainsi que par dépôt ultérieur. De plus, le fumier solide exposé à la pluie sera plus propice à libérer de l'azote par lessivage et ruissellement. On suppose que l'azote transporté d'un site d'entreposage de fumier de cette façon subit ultérieurement une nitrification et une dénitrification ailleurs dans l'environnement, ce qui produit du N₂O.

5.3.3.2. Questions de méthodologie

Les émissions indirectes de N₂O imputables à la gestion des fumiers sont estimées en appliquant un facteur de perte d'azote à la quantité d'azote provenant du fumier traité par chaque SGDA, puis le résultat est multiplié par un coefficient d'émission de N₂O. Le calcul des facteurs de perte d'azote est différent pour les bovins laitiers et les porcs qu'il ne l'est pour d'autres catégories de bétail.

Dans le cas des bovins laitiers et des porcs, on estime la quantité d'azote provenant du fumier susceptible de diminuer en raison des pertes dues au lessivage et à la volatilisation de NH₃ et des NO_x pendant l'entreposage au moyen de la version révisée du modèle canadien d'émissions de NH₃ (Sheppard et al., 2010; 2011b; Chai et al., 2016), afin d'établir des facteurs de perte d'azote propres aux écorégions selon le type d'animal et le système de gestion des fumiers.

Quant à l'ensemble des autres catégories de bétail, on utilise les valeurs par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC pour calculer la quantité d'azote provenant du fumier qui est susceptible de diminuer en raison des pertes par volatilisation de NH_3 pendant l'entreposage, pour chaque type d'animal et chaque système de gestion du fumier. 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 au cours de l'entreposage et de la manutention du fumier dans les climats sec et humide sont tirés de la révision (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC, 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, pour toutes les catégories de bétail.

5.3.3.3. 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 imputables à la gestion des fumiers. Les incertitudes associées aux cheptels d'animaux d'élevage, aux taux d'excrétion d'azote du fumier, aux systèmes de gestion des déchets animaux, aux fractions de lessivage d'azote et de volatilisation de NH_3 ainsi qu'aux coefficients d'émission indirecte de N_2O sont disponibles, mais n'ont pas été utilisées dans l'analyse de Monte-Carlo. L'incertitude globale est censée être équivalente à l'incertitude associée aux émissions indirectes imputables aux sols agricoles.

On a utilisé la même méthodologie, les mêmes coefficients d'émission et les mêmes sources de données pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.3.3.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. De plus, les données sur les activités, les méthodes et les changements ont été illustrés et archivés en format électronique.

5.3.3.5. Recalculs

Les émissions indirectes de N_2O imputables à la gestion des fumiers ont fait l'objet de recalculs principalement en raison de l'intégration des données sur les activités du recensement de l'agriculture de 2021. Des recalculs mineurs ont aussi été effectués à cause de la mise en œuvre d'une approche permettant d'estimer la contribution du monoxyde d'azote aux pertes par volatilisation associées au fumier de bovins laitiers et de porcs. Ces modifications ont eu pour effet net d'accroître les émissions de 1,9 kt d'éq. CO_2 en 1990 et de 1,0 kt d'éq. CO_2 en 2005 et de les réduire de 11 kt d'éq. CO_2 en 2020. Les recalculs ont entraîné une légère réduction des tendances des émissions à court terme (de -15 % à -17 %) et à long terme (de 5 % à 2 %) (Tableau 5–5).

5.3.3.6. Améliorations prévues

Comme il a été mentionné à la section 5.3.1.6, les fractions d'azote perdues par volatilisation de NH_3 et les coefficients de lessivage d'azote établis par sous-catégorie de bétail et par SGDA ont été appliqués aux bovins laitiers et aux porcs, et des coefficients d'émission similaires ont été élaborés pour les bovins de boucherie. Les paramètres de niveau 2 pour les bovins non laitiers pourraient être révisés au besoin d'après les données les plus récentes.

5.4. Émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)

Il existe des formes directes et indirectes d'émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles : les apports anthropiques d'azote aux sols sont des contributions directes, alors que diverses autres voies représentent des contributions indirectes. Les changements de pratiques de gestion et de rotation des cultures, comme la jachère, le travail du sol et l'irrigation, ont une incidence sur les émissions directes de N_2O en modifiant les taux de minéralisation de l'azote organique, la nitrification et la dénitrification. Les émissions indirectes proviennent de deux sources : 1) la volatilisation de l'azote des engrais inorganiques et du fumier épandus dans les champs en NH_3 et 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 de l'azote.

5.4.1. Émissions directes de N_2O provenant de terres aménagées (catégorie 3.D.1 du CUPR)

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 : pratiques de travail du sol et irrigation. On estime les absorptions et les émissions associées à ces sources à partir des données sur l'azote provenant de l'épandage d'engrais azotés organiques et inorganiques et de l'azote des résidus de culture.

5.4.1.1. Engrais azotés inorganiques

5.4.1.1.1. Description de la catégorie de sources

Les engrais inorganiques ajoutent de grandes quantités d'azote aux sols agricoles. Cet azote supplémentaire subit des transformations, notamment la nitrification et la dénitrification, qui peuvent émettre du N₂O. Les coefficients d'émission dus à l'épandage d'engrais dépendent de nombreux facteurs, comme les textures de sols, le climat, la topographie, le régime de culture, les pratiques agricoles et d'autres conditions ambiantes (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 en utilisant des coefficients d'émissions propres au pays pour estimer les émissions de N₂O imputables à l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles, laquelle tient compte des régimes d'humidité, des textures de sol, des sources d'azote, des systèmes de culture et des conditions topographiques. Les émissions de N₂O sont estimées pour chaque écodistrict, puis mises à l'échelle provinciale et nationale. La quantité d'azote 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. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse, au moyen de la technique de Monte-Carlo, de l'incertitude associée à la méthodologie utilisée pour estimer les émissions de N₂O des sources agricoles mentionnées à la section 5.3.2.3, incluait l'ensemble des émissions directes et indirectes des sols (Tableau 5–7). Pour les émissions de N₂O attribuables aux engrais, l'analyse a tenu compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthode antérieure propre à chaque pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, du degré d'incertitude des ventes d'engrais à l'échelle des provinces et du degré d'incertitude des surfaces cultivées et de la production à l'échelle de l'écodistrict. Une mise à jour de l'analyse de l'incertitude selon la méthode de Monte-Carlo est prévue pour la quantification de l'incertitude que renferment les coefficients d'émission à jour de N₂O du sol propres au pays. La quantification de l'incertitude devrait être meilleure étant donné l'ensemble de données plus exhaustif pour la quantification des coefficients d'émission. Par conséquent, l'analyse de l'incertitude reposera moins sur le jugement d'experts pour établir les distributions des probabilités pour les facteurs utilisés dans le calcul des coefficients d'émission régionaux.

D'après d'anciennes analyses, on estime que les émissions de N₂O issues de l'épandage d'engrais inorganiques sur les terres agricoles, qui sont de 10 Mt d'éq. CO₂ pour 2021, se situent dans une plage variant de 6,8 Mt d'éq. CO₂ (-35 %) à 15 Mt d'éq. CO₂ (+43 %) (Tableau 5–7).

La même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission ont été utilisés pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

Tableau 5–7 Incertitude des estimations des émissions de N ₂ O attribuables à la gestion des fumiers et aux sols agricoles en 2021				
Source des émissions		Valeur moyenne ^a	Probabilité de 2,5 % ^b	Probabilité de 97,5 % ^b
		Mt d'éq. CO ₂		
Gestion des fumiers				
Émissions directes		3,3	1,9 (-43 %)	5,0 (+51 %)
Émissions indirectes		0,6	0,24 (-60 %)	1,0 (+70 %)
Sols agricoles (N ₂ O)		19	12 (-36 %)	29 (+52 %)
Émissions directes de N ₂ O des sols agricoles		15	11 (-28 %)	20 (+34 %)
	Engrais azotés (N) inorganiques	10	6,8 (-35 %)	15 (+43 %)
	Engrais azotés (N) organiques	1,4	0,97 (-33 %)	2,0 (+41 %)
	Résidus de culture	3,4	2,2 (-35 %)	5,0 (+45 %)
	Travail des sols organiques	0,061	0,013 (-79 %)	0,12 (+96 %)
	Minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol	0,47	0,31 (-35 %)	0,68 (+45 %)
	Urine et fumier laissés au sol par les animaux au pâturage	0,19	0,078 (-60 %)	0,34 (+75 %)
	Immobilisation/minéralisation de l'azote des sols	-1,2	-0,67 (-44 %)	-1,9 (+55 %)
Émissions indirectes de N ₂ O des sols agricoles		4	1,6 (-60 %)	6,7 (+70 %)
	Dépôt atmosphérique	0,99	0,25 (-75 %)	2,1 (+110 %)
	Lessivage et ruissellement	3	0,59 (-80 %)	5,9 (+100 %)
Notes :				
a. Valeur moyenne tirée de la base de données.				
b. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne.				

5.4.1.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format 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 avec les industries agricoles régionales et provinciales.

Les émissions de N₂O imputables à l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles au Canada varient en fonction des sites. On note cependant 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 et 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 révisée.

5.4.1.1.5. Recalculs

Les recalculs présentés dans le présent rapport résultent de l'intégration des données du recensement de l'agriculture de 2021 et, dans une moindre mesure, de mises à jour mineures des données sur les activités et de la correction d'erreurs.

Les émissions ont été révisées à la baisse de 23 kt d'éq. CO₂ en 1990 et de 29 kt d'éq. CO₂ en 2005 et ont été révisées à la hausse de 62 kt d'éq. CO₂ en 2020 (Tableau 5–8). Ces recalculs ont entraîné une légère augmentation des tendances à court terme (de 96 % à 99 %) et à long terme (de 136 % à 139 %).

Tableau 5–8 Recalculs des estimations des émissions de N₂O et leur incidence sur les tendances des émissions de gaz à effet de serre attribuables à l'épandage d'engrais organiques et inorganiques, à la décomposition des résidus de culture et à l'urine et au fumier laissés au sol par les animaux au pâturage

Source d'émissions	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO ₂)	Changement dans les émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Engrais azotés (N) inorganiques	1990	2022	4 447	-23	-1	Long terme (1990–2020)	
		2023	4 423			136	139
	2005	2022	5 351	-29	-1	Court terme (2005–2020)	
		2023	5 322				
	2020	2022	10 505	62	1	96	99
		2023	10 568				
Engrais azotés (N) organiques	1990	2022	1 158	1	0,07	Long terme (1990–2020)	
		2023	1 158			34	24
	2005	2022	1 486	1	0,04	Court terme (2005–2020)	
		2023	1 487				
	2020	2022	1 546	-107	-7	4	-3
		2023	1 439				
Décomposition des résidus agricoles	1990	2022	2 507	-0,5	-0,02	Long terme (1990–2020)	
		2023	2 507			78	79
	2005	2022	3 077	-0,4	-0,01	Court terme (2005–2020)	
		2023	3 077				
	2020	2022	4 455	35	1	45	46
		2023	4 490				
Urine et fumier laissés au sol par les animaux au pâturage	1990	2022	224	0,03	0,01	Long terme (1990–2020)	
		2023	224			-10	-12
	2005	2022	258	0	0	Court terme (2005–2020)	
		2023	258				
	2020	2022	201	-4,67	-2,33	-22	-24
		2023	196				

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 d'azote 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 deviennent accessibles les résultats de recherche et les données sur les activités.

5.4.1.2. Engrais azotés organiques épandus aux sols

5.4.1.2.1. Description de la catégorie de sources

L'épandage de sources d'azote organique comme engrais sur les sols peut accroître le rythme de nitrification et de dénitrification et provoquer 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) des 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 a été utilisée pour 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 tient 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. Pour calculer les émissions, on multiplie le volume d'azote organique épandu sur les sols agricoles par un coefficient d'émission pondéré, calculé pour chaque écodistrict, et 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 épandu ensuite 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 de coefficients d'émission déterminés à l'aide de la méthode de niveau 2, propre à chaque pays.

5.4.1.2.3. 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 a tenu compte du degré d'incertitude associé aux paramètres utilisés pour estimer l'azote des fumiers, dont il est fait mention à la section 5.3.2.3, et de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette et al., 2008a) qui a dans le passé 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 par la méthode de Monte-Carlo est prévue, afin de quantifier l'incertitude dans les coefficients d'émission de N_2O du sol propres au pays, y compris le coefficient de rapport utilisé pour l'azote 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 pour 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 d'anciennes analyses, on estime que les émissions de N_2O provenant de l'épandage de fumier des engrais azotés organiques, qui sont de 1,4 Mt d'éq. CO_2 pour 2021, se situent dans une plage d'incertitude de 0,97 Mt d'éq. CO_2 (-33 %) à 2,0 Mt d'éq. CO_2 (+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 utilisée pour l'estimation des coefficients d'émission de N_2O , les taux d'excrétion d'azote 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 azote des biosolides.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.1.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées en format électronique.

5.4.1.2.5. Recalculs

Les recalculs des émissions des engrais azotés appliqués aux sols agricoles sont principalement dus à l'intégration des données sur les activités du recensement de l'agriculture de 2021. Des changements mineurs ont aussi résulté d'autres mises à jour des données sur les activités et de la correction d'erreurs.

Les émissions ont été légèrement révisées à la hausse en 1990 et en 2005, de 1,0 kt d'éq. CO₂, et révisées à la baisse en 2020, de 107 kt d'éq. CO₂ (Tableau 5–8). La tendance à court terme a diminué, passant de +4 % à -3 %, de même que la tendance à long terme, qui est passée de +34 % à +24 %.

5.4.1.2.6. Améliorations prévues

La méthode actuelle ne tient pas compte des mesures d'atténuation visant à réduire les émissions de N₂O du sol, notamment le choix du moment où les engrais sont appliqués. 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.1.4 du CUPR)

5.4.1.3.1. Description de la catégorie de sources

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 d'azote qui subit plus tard une nitrification et une dénitrification, et qui peut donc contribuer à la production de N₂O.

5.4.1.3.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de N₂O, on utilise la méthode de niveau 2 du GIEC; ainsi, on prend la quantité d'azote des résidus de culture sur les terres agricoles de cultures annuelles et pérennes et on la multiplie par un coefficient d'émission correspondant au niveau de l'écodistrict avant de la porter aux échelles provinciale et nationale. La quantité d'azote contenue dans les résidus de culture des végétaux qui fixent ou non l'azote 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 inorganiques (section 5.4.1.2.2).

5.4.1.3.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables à la décomposition des résidus de culture a tenu compte de l'incertitude associée aux cultures ainsi que de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, comme il est indiqué à la section 5.4.1.1.3.

L'estimation des émissions de N₂O issues de la décomposition de résidus de culture, qui est de 3,4 Mt d'éq. CO₂ pour 2021, est associée à une plage d'incertitude de -35 % à +45 %, ou de 2,2 Mt d'éq. CO₂ à 5,0 Mt d'éq. CO₂ (Tableau 5–8). 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 N₂O et les corrections du coefficient d'émission tenant compte de la texture du sol (CR_TEXTURE) et du travail du sol (CR_TRAVAILDUSOL). On prévoit d'effectuer une analyse à jour de l'incertitude selon la méthode de Monte-Carlo, afin de tenir compte de l'incertitude associée aux nouveaux coefficients d'émission de N₂O du sol propres au pays, dont le coefficient de rapport utilisé pour l'engrais azoté organique.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.1.3.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.4.1.3.5. Recalculs

Les recalculs sont principalement dus à la mise à jour des données sur les activités qui a découlé du recensement de l'agriculture de 2021. Des recalculs mineurs ont été effectués en raison d'autres mises à jour apportées aux données sur les activités et de la correction d'erreurs.

Les émissions ont été révisées à la baisse de 0,5 kt d'éq. CO₂ en 1990 et de 0,4 kt d'éq. CO₂ en 2005 et révisées à la hausse de 35 kt d'éq. CO₂ en 2020 (Tableau 5–8). Par suite de ces changements, la tendance à long terme des émissions a légèrement augmenté, passant de +78 % à +79 %, de même que la tendance à court terme, qui est passée de 45 % à 46 %.

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.1.3 du CUPR)

5.4.1.4.1. Description de la catégorie de sources

Lorsque de l'urine et du fumier sont excrétés par les animaux au pâturage, l'azote du fumier subit diverses transformations comme l'ammonification, la nitrification et la dénitrification. Ces processus de transformation peuvent entraîner le rejet de N₂O.

5.4.1.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de N₂O 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. On calcule les émissions pour chaque catégorie animale en multipliant le nombre d'animaux au pâturage par le taux approprié d'excrétion d'azote et par la fraction d'azote du fumier disponible pour la conversion en N₂O.

5.4.1.4.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux nouvelles estimations d'émissions de N₂O issues de l'urine et du fumier excrétés par les animaux au pâturage a été calculée à partir de la précédente analyse d'incertitude en se servant des paramètres et des distributions d'incertitude établis dans la méthodologie de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC, 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 étaient identiques à celles utilisées dans l'analyse des émissions de CH₄ de la fermentation entérique et de la gestion des fumiers établies aux sections 5.2.3 et 5.3.1.3.

Selon ces présomptions, l'estimation des émissions de N₂O de 0,19 Mt d'éq. CO₂ attribuables aux animaux d'élevage canadiens au pâturage pour 2021 se situe dans une plage d'incertitude de -60 % à +75 %, ou 0,078 Mt d'éq. CO₂ à 0,34 Mt d'éq. CO₂ (Tableau 5–7).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.1.4.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification

Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format 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

Des révisions à la répartition des populations de bétail ont entraîné de légères modifications dans les émissions de N₂O associées à l'urine et au fumier laissés au sol par les animaux au pâturage. Les émissions ont diminué de 0,03 kt d'éq. CO₂ en 1990, sont demeurées inchangées en 2005 et ont diminué de 4,67 kt d'éq. CO₂ en 2020 (Tableau 5–8). Par suite de ces modifications, les tendances des émissions à court terme ont légèrement diminué, passant de -10 % à -12 %, de même que les tendances à long terme, qui sont passées de -22 % à -24 %.

5.4.1.4.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source. 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.1.5 du CUPR)

5.4.1.5.1. Description de la catégorie de sources

Les pertes de carbone dans le sol dues 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 de l'azote qui accompagne les pertes de carbone organique dans le sol contribue au bilan azoté global des terres agricoles. Lorsqu'il est sous forme inorganique, cet azote 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

Pour estimer les émissions de N_2O , on utilise la méthode de niveau 2 du GIEC : on prend la quantité d'azote dans la matière organique du sol qui est perdue en raison des changements apportés aux pratiques de gestion des terres cultivées, à la productivité des cultures et/ou à l'épandage de fumier, puis on la multiplie par le coefficient d'émission au niveau de l'écodistrict avant de la porter aux échelles provinciale et nationale.

La valeur des pertes de carbone organique du sol au niveau de l'écodistrict entre 1990 et 2021 est issue du carbone déclaré pour 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, pour 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. On s'est servi d'un ensemble de données sur les quantités de carbone organique du sol et d'azote pour les principaux sols de Saskatchewan afin de calculer le ratio 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 l'estimation des 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 du carbone.

5.4.1.5.3. 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, on pense que les estimations d'incertitude dans cette catégorie sont équivalentes à celles des émissions attribuables à la décomposition des résidus de culture. Selon ces présomptions, les estimations des émissions de N_2O attribuables à la minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol en 2021, qui se chiffrent à 0,47 Mt d'éq. CO_2 , se situent dans une plage d'incertitude de -35 % à +45 %, ou 0,31 Mt d'éq. CO_2 à 0,68 Mt d'éq. CO_2 (Tableau 5–7).

5.4.1.5.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.4.1.5.5. Recalculs

Des recalculs ont été effectués pour toutes les années, de 1990 à 2020, en raison de révisions apportées aux données sur les activités, y compris des ajustements des rendements des cultures. Les émissions ont diminué de 20 kt d'éq. CO_2 en 1990, ont augmenté de 0,4 kt d'éq. CO_2 en 2005 et ont diminué de 277 kt d'éq. CO_2 en 2020. La tendance à long terme a diminué, passant de 265 % à 166 %, de même que la tendance à court terme, qui est passée de 202 % à 100 %.

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 d'azote 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.1.6 du CUPR)

5.4.1.6.1. Description de la catégorie de sources

Le travail des sols organiques (histosols) pour les cultures agricoles fait généralement intervenir le drainage et l'abaissement de la nappe phréatique et l'augmentation de l'aération, ce qui accélère la décomposition de la matière organique et la minéralisation de l'azote. L'amélioration de la décomposition avec 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

On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC pour estimer les émissions de N_2O imputables aux sols organiques travaillés. Pour calculer les émissions de N_2O , on multiplie 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 16 kha la superficie des histosols canadiens et de déterminer que cette valeur était constante pour la période 1990–2021 (Liang et al., 2004a).

5.4.1.6.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N_2O attribuables aux sols organiques a tenu compte du degré d'incertitude de la superficie de sols organiques cultivés et du coefficient d'émission par défaut.

L'estimation des émissions de N_2O issues des sols organiques, qui est de 0,061 Mt d'éq. CO_2 pour 2021, se situe dans une plage d'incertitude de -79 % à +96 %, ou 0,01 Mt d'éq. CO_2 à 0,12 Mt d'éq. CO_2 (Tableau 5–7). La principale source d'incertitude est le coefficient d'émission par défaut de niveau 1 du GIEC.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.1.6.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.4.1.6.5. Recalculs

Les estimations de cette source d'émissions n'ont fait l'objet d'aucun recalcul.

5.4.1.6.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source. D'autres analyses visant à établir l'incertitude de la tendance à moyen terme seront menées.

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 de sources

Les émissions de la présente catégorie ne sont pas issues d'apport supplémentaire d'azote (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, à savoir 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 de l'azote du sol, la densité apparente du sol et son taux d'humidité (McConkey et al., 1996, 2003; Liang et al., 2004b). 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., 2008b). 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 5–7).

Les variations dans les émissions de N₂O dues à l'adoption du TRS et du CSL sont estimées grâce à des modifications aux coefficients d'émission de N₂O du sol et appliquées aux engrais inorganiques épandus sur les terres agricoles et à la décomposition 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 N₂O 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 N₂O avec TRS ou CSL et les flux moyens de N₂O avec travail intensif du sol (N₂O_{TRS}/N₂O_{Ti}) (voir l'Annexe 3.4).

5.4.1.7.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables aux pratiques de conservation du sol a tenu 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 à chaque pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, comme il est indiqué à la section 5.4.1.1.3.

La réduction estimée des émissions de N₂O attribuables aux pratiques de conservation du sol, qui était de 2,4 Mt d'éq. CO₂ pour 2021, 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).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.1.7.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.4.1.7.5. Recalculs

Des recalculs mineurs ont été effectués dans le présent rapport, en raison de l'intégration des données sur les pratiques de travail du sol du recensement de l'agriculture de 2021, de la mise à jour des données sur les activités et de la correction d'erreurs qui ont entraîné une réaffectation spatiale de l'azote entre les écodistricts.

Ces changements ont augmenté l'incidence de l'adoption des pratiques de travail du sol sur les émissions de N₂O de 0,34 kt d'éq. CO₂ en 1990 et de 0,76 kt d'éq. CO₂ en 2005 et ont réduit les émissions de N₂O de 58 kt d'éq. CO₂ en 2020. Ces recalculs ont augmenté l'incidence de l'adoption des pratiques de travail du sol sur la tendance à long terme, qui est passée de 523 % à 538 %, et sur la tendance à court terme, qui est passée de 112 % à 117 % (Tableau 5–9).

Tableau 5–9 Recalculs des estimations des émissions de N₂O et leur incidence sur les tendances des émissions de gaz à effet de serre attribuables aux pratiques de conservation et d'irrigation

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO ₂)	Changement dans les émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Pratiques de conservation	1990	2022	-406	0,34	-0,08	Long terme (1990–2020)	
		2023	-405			523	538
	2005	2022	-1 193	0,76	-0,06	Court terme (2005–2020)	
		2023	-1 193			112	117
	2020	2022	-2 530	-58	2,3		
		2023	-2 588				
Irrigation	1990	2022	558	-1,9	-0,35	Long terme (1990–2020)	
		2023	556			140	137
	2005	2022	784	-2,3	-0,30	Court terme (2005–2020)	
		2023	782			71	69
	2020	2022	1 341	-20	-1,5		
		2023	1 321				

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 N₂O attribuables à l'irrigation

5.4.1.8.1. Description de la catégorie de sources

Comme pour les pratiques de travail du sol, l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O n'est pas imputable à un apport additionnel d'azote, mais correspond plutôt à des modifications des conditions du sol ayant une influence sur les émissions de N₂O. La plus forte teneur en eau des sols irrigués fait augmenter le potentiel d'émissions de N₂O en accroissant l'activité biologique 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 à chaque pays et se fonde sur les présomptions suivantes : i) l'eau apportée par l'irrigation stimule la production de N₂O 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, on a estimé l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O des sols agricoles à l'aide d'un CE_BASE estimé à un rapport P/EP = 1 (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 N₂O des sols est aussi déclaré séparément d'autres catégories de sources.

5.4.1.8.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables aux zones irriguées a tenu 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 à chaque pays (Rochette et al., 2008a) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, 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 N₂O du sol, et de celui relatif à l'irrigation indiqué dans le présent rapport.

L'estimation des émissions de N₂O attribuables aux terres irriguées, qui est de 1,3 Mt d'éq. CO₂ pour 2021, 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 (Tableau 5–7). Pour éviter la double comptabilisation, on a cessé la déclaration des émissions relatives aux jachères au moyen d'une méthode propre au pays, après l'introduction d'une méthode d'estimation du carbone organique du sol découlant des modifications à la productivité des cultures. 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 N₂O du sol révisés qui sont indiqués dans le présent rapport.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.1.8.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées en format électronique.

5.4.1.8.5. Recalculs

Les estimations des émissions attribuables à l'irrigation sont liées aux calculs de toutes les émissions provenant des sols. Les recalculs découlent de l'application des données du recensement de l'agriculture de 2021, de mises à jour générales des données sur les activités et de la correction d'erreurs concernant les émissions des sols.

Ces changements ont fait diminuer les émissions de 1,9 kt d'éq. CO₂ en 1990, de 2,3 kt d'éq. CO₂ en 2005 et de 20 kt d'éq. CO₂ en 2020. Ces recalculs ont fait légèrement diminuer la tendance à court terme, qui est passée de 71 % à 69 %, et la tendance à long terme, de 140 % à 137 % (Tableau 5–9).

5.4.1.8.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source. 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 N₂O des terres aménagées (catégorie 4.D.2 du CUPR)

Une fraction de l'azote que l'on trouve à la fois dans les engrais organiques et inorganiques épandus sur les champs agricoles est transportée hors site par volatilisation sous forme de NH₃ et de NO_x et par dépôt ultérieur ou lessivage, et ruissellement. L'azote ainsi transporté depuis les sols agricoles fournit un supplément d'azote aux processus de nitrification et de dénitrification qui rejettent du N₂O.

5.4.2.1. Dépôt atmosphérique d'azote

5.4.2.1.1. Description de la catégorie de sources

Lorsqu'on applique des engrais organiques ou inorganiques sur des terres cultivées, une portion de l'azote est perdue par volatilisation sous forme de NH₃ ou de NO_x, qui peut alors se redéposer ailleurs et continuer à se transformer, entraînant des émissions de N₂O en dehors du site. La quantité de cet azote volatilisé dépend d'un certain nombre de facteurs, comme les taux d'épandage d'engrais et de fumier, les types d'engrais, les modes et le moment d'application de l'azote, la texture des sols, les précipitations, la température, le pH des sols, etc.

5.4.2.1.2. Questions de méthodologie

Il n'existe que peu de données scientifiques publiées qui déterminent réellement les émissions de N₂O dues au dépôt atmosphérique du NH₃ et des NO_x. Il est possible que l'azote 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 N₂O des sols agricoles représentent une catégorie clé de sources pour l'évaluation du niveau et de la tendance pour le Canada, il existe certaines difficultés liées à la définition de la 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.

On a utilisé une méthode propre au pays pour estimer les émissions de NH₃ découlant de l'épandage sur les sols d'engrais à base d'azote inorganique et de fumier de bovins laitiers et de porcs contenant de l'azote. La méthode de calcul des coefficients d'émission de NH₃ 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 NH₃ sont calculés en fonction du type d'engrais azoté inorganique, du degré d'incorporation 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 N₂O-N kg⁻¹ N pour les climats humides et de 0,005 kg N₂O-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.

Dans le cas des bovins laitiers et des porcs, la quantité d'azote du fumier étant susceptible de diminuer en raison des pertes par volatilisation de NH₃ après l'épandage, elle a été estimée au moyen de la version révisée du modèle canadien des émissions de NH₃ (Sheppard et al., 2011b; Chai et al., 2016) afin d'établir des facteurs de perte d'azote propres aux écorégions selon le type d'animal et le système de gestion des déchets animaux. Dans le cas de tous les autres animaux, les fractions de perte par volatilisation par défaut fournies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC ont été utilisées pour estimer la perte d'azote sous forme d'émissions de NH₃ du fumier épandu sur les sols.

5.4.2.1.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse, au moyen de la technique de Monte-Carlo, de l'incertitude associée aux émissions indirectes de N₂O attribuables au dépôt atmosphérique d'azote a tenu compte du degré d'incertitude entourant les paramètres définis dans la méthodologie de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC et du degré d'incertitude de l'estimation des émissions de NH₃.

L'estimation des émissions de N₂O issues de la volatilisation et du dépôt, qui est de 0,99 Mt d'éq. CO₂ pour 2021, présente une plage d'incertitude de -75 % à +110 %, ou 0,25 Mt d'éq. CO₂ à 2,1 Mt d'éq. CO₂ (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 par des coefficients propres au climat tirés de la révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC devrait diminuer l'incertitude, donner une plage d'incertitude moins étendue, pour les nouveaux coefficients.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.2.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.4.2.1.5. Recalculs

De recalculs ont été effectués en raison de l'application des données sur les activités du recensement de l'agriculture de 2021 et, dans une moindre mesure, d'autres mises à jour des données sur les activités et de la correction d'erreurs.

Ces recalculs se sont traduits par une augmentation des émissions de 0,07 kt d'éq. CO₂ en 1990, de 0,17 kt d'éq. CO₂ en 2005 et de 6,1 kt d'éq. CO₂ en 2020 (Tableau 5–10). La tendance à court terme est demeurée inchangée, à 14 %, et la tendance à long terme a légèrement diminué, passant de +38 % à +37 %.

5.4.2.1.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

Tableau 5–10 Recalculs des estimations des émissions de N₂O et leur incidence sur les tendances des émissions de gaz à effet de serre produites par le dépôt atmosphérique, le lessivage et le ruissellement

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (kt d'éq. CO ₂)	Changement dans les émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Ancienne tendance (%)	Nouvelle tendance (%)
Dépôt atmosphérique	1990	2022	725	-0,07	-0,01	Long terme (1990–2020)	
		2023	724			38	37
	2005	2022	874	-0,17	-0,02	Court terme (2005–2020)	
		2023	874				
	2020	2022	1 000	-6,1	-0,61	14	14
		2023	994				
Lessivage et ruissellement d'azote	1990	2022	1 836	-0,12	-0,01	Long terme (1990–2020)	
		2023	1 836			74	74
	2005	2022	2 203	-0,07	-0,003	Court terme (2005–2020)	
		2023	2 203				
	2020	2022	3 194	-7,9	-0,25	45	45
		2023	3 186				

5.4.2.2. Lessivage et ruissellement de l'azote

5.4.2.2.1. Description de la catégorie de sources

Lorsque des engrais azotés organiques ou inorganiques, ou des résidus de culture sont épandus sur des terres cultivées, une partie de l'azote de ces sources est perdue par lessivage et ruissellement. L'ampleur de cette déperdition dépend d'un certain nombre de facteurs, comme les taux et la méthode d'épandage, le type de culture, la texture du sol, les précipitations et le paysage. Ce volume d'azote perdu peut subir d'autres transformations comme la nitrification et la dénitrification, ce qui peut générer des émissions de N₂O hors des sites.

5.4.2.2.2. Questions de méthodologie

Il existe peu de données scientifiques publiées déterminant les émissions de N₂O attribuables au lessivage et au ruissellement au Canada. Comme dans le cas des émissions de N₂O attribuables à la volatilisation et au dépôt de NH₃ 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.

Une méthode de niveau 1 modifiée du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N₂O qui résultent du lessivage et du ruissellement des engrais, du fumier et de l'azote provenant des résidus de culture des sols agricoles. Pour estimer les émissions indirectes de N₂O résultant du ruissellement et du lessivage de l'azote au niveau des écodistricts, on multiplie la fraction d'azote perdue par lessivage et ruissellement (FRAC_{LESSIVAGE}) par le volume d'azote des engrais inorganiques et d'azote des résidus de culture ainsi que par un coefficient d'émission de 0,0075 kg N₂O-N/kg 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 (GIEC, 2006), comme dans les Prairies. 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 période de croissance (de mai à octobre), on a utilisé la valeur maximale de la $FRAC_{\text{LESSIVAGE}}$ recommandée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC, soit 0,3. On utilise la valeur minimale de $FRAC_{\text{LESSIVAGE}}$ de 0,05 pour les écodistricts avec le déficit hydrique le plus important. Pour les autres écodistricts, on estime la valeur de la $FRAC_{\text{LESSIVAGE}}$ à l'aide d'une extrapolation linéaire fondée sur la plage de valeurs mentionnée ci-dessus.

5.4.2.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'analyse, au moyen de la technique de Monte-Carlo, de l'incertitude associée aux émissions indirectes de N_2O attribuables au lessivage et au ruissellement de l'azote, a tenu compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthodologie de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC et du degré d'incertitude de l'estimation des émissions totales d'azote.

L'estimation des émissions de N_2O de 3,0 Mt d'éq. CO_2 attribuables au lessivage et au ruissellement de l'azote en 2021 se situe dans une plage d'incertitude de -80 % à +100 %, ou 0,59 Mt d'éq. CO_2 à 5,9 Mt d'éq. CO_2 (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 d'azote lessivé (plage d'incertitude de 0,05 % à 2,5 %).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2021).

5.4.2.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.4.2.2.5. Recalculs

Les recalculs ont été faits en raison de l'application des données sur les activités du recensement de l'agriculture de 2021 et, dans une moindre mesure, d'autres mises à jour des données sur les activités et de la correction d'erreurs dans l'ensemble de la série chronologique.

Ces changements ont entraîné une diminution des émissions de 0,12 kt d'éq. CO_2 en 1990, de 0,07 kt d'éq. CO_2 en 2005 et de 7,9 kt d'éq. CO_2 en 2020. Les tendances à court et à long terme sont demeurées inchangées.

5.4.2.2.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

5.5. Émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F du CUPR)

5.5.1. Description de la catégorie de sources

Au Canada, les résidus de culture sont parfois brûlés, parce qu'il est pratique de le faire ou afin de 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 , CO , 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. On a donc utilisé les coefficients par défaut et les paramètres tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC pour estimer les émissions.

À partir des données recueillies par Statistique Canada dans le cadre de son enquête sur la gestion des fermes (EGF)² et lors des consultations auprès des experts (Coote et al., 2008), on a élaboré une série chronologique complète des données sur les activités sur le type et le pourcentage des résidus de culture brûlés dans les champs.

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.

2 https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044

5.5.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le degré d'incertitude des émissions de CH₄ et de N₂O provenant du brûlage dans les champs de résidus agricoles a été déterminé au moyen de la méthode de niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006).

Les incertitudes associées aux émissions de CH₄ et de N₂O causées par le brûlage des résidus agricoles sont le volume des résidus de culture brûlés et les coefficients d'émission. En se basant sur la superficie d'une culture semée particulière, on a estimé à ± 50 % (Coote et al., 2008) le degré d'incertitude de la quantité de résidus de culture brûlés. Les Lignes directrices 2006 du GIEC ne précisent aucun coefficient d'émission, mais on présume qu'ils sont semblables aux coefficients d'émission du brûlage de la savane et des prairies; soit ± 40 % pour le CH₄ et ± 48 % pour le N₂O (GIEC, 2006). Les incertitudes concernant les estimations des émissions de CH₄ et de N₂O ont été estimées à ± 64 % et ± 69 % respectivement.

5.5.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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), d'une manière conforme aux Lignes directrices du GIEC (2006). Les données sur les activités et les méthodes sont documentées et archivées sous format papier et électronique.

5.5.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie d'émissions pour les années 1990, 2005 ou 2020. Les tendances à long et à court terme sont demeurées à -78 % et à +15 %, respectivement.

5.5.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

5.6. Émissions de CO₂ attribuables au chaulage (catégorie 3.G du CUPR)

5.6.1. Description de la catégorie de sources

Au Canada, la chaux agricole est parfois utilisée, pour 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 CO₂ 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 appliquée 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 CO₂. Les méthodes et les sources des données sont décrites à l'Annexe 3.4.

5.6.3. 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 ont été estimées à ± 30 %. On suppose que l'incertitude inclut 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 a été jugée d'être -50 %, en se fondant sur les Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006). La moyenne et les incertitudes globales ont été estimées à $0,21 \pm 0,14$ Mt d'éq. CO₂ pour le niveau d'incertitude.

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990–2021).

5.6.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'ils ont été établis dans le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), d'une manière conforme aux Lignes directrices du GIEC (2006). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.6.5. Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué dans cette catégorie pour le présent rapport et aucune variation n'a été observée aux tendances à court et à long terme.

5.6.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source.

5.7. Émissions de CO₂ attribuables à l'application d'urée (catégorie 3.H du CUPR)

5.7.1. Description de la catégorie de sources

Lorsque de l'urée [CO(NH₂)₂] ou des engrais azotés à base d'urée sont épandus sur le sol pour accroître la production de cultures, du CO₂ est libéré à la suite de l'hydrolyse de l'urée. Selon les Lignes directrices 2006 du GIEC, on doit comptabiliser comme une émission la quantité de CO₂ rejetée dans l'atmosphère. 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) avec un mélange de 30 % de CO(NH₂)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 des engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée appliqués chaque année, et de la quantité de carbone contenue dans l'urée qui est libérée sous forme de CO₂ après l'hydrolyse. Les méthodes et les sources de données figurent à l'Annexe 3.4.

5.7.3. 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 d'engrais à base d'urée ont été estimées à ± 15 %. L'estimation de l'incertitude associée aux émissions était fondée sur une simple erreur de propagation dans l'utilisation de l'incertitude du sondage et une incertitude de -50 % associée au coefficient d'émission précisé dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. La moyenne et les incertitudes globales ont été estimées à $2,4 \pm 1,2$ Mt d'éq. CO₂ pour le niveau d'incertitude.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes sources de données pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions. La consommation d'urée au Canada a augmenté considérablement de 1990 à 2021 et présente une variabilité interannuelle relativement élevée pouvant atteindre ± 25 % par année. Bien que nous ne puissions pas indiquer des coefficients précis qui entraînent une variabilité interannuelle, les livraisons d'engrais à base d'urée au Canada varient en fonction de fluctuations de prix, des facteurs climatiques influant sur les cultures et d'autres facteurs.

5.7.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'ils ont été établis dans le plan d'AQ/CQ (voir la section 1.3, Chapitre 1), d'une manière conforme aux Lignes directrices 2006 du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sous format papier et électronique.

5.7.5. Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour les années 1990, 2005 ou 2020. Les tendances à long terme et à court terme sont demeurées inchangées, à +155 % et + 115 %.

5.7.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source.

AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE (SECTEUR 4 DU CUPR)

6.1.	Aperçu	191
6.2.	Définitions des catégories de terres et représentation des terres aménagées	196
6.3.	Terres forestières (catégorie 4.A du CUPR)	199
6.4.	Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)	208
6.5.	Terres cultivées (catégorie 4.B du CUPR)	213
6.6.	Prairies (catégorie 4.C du CUPR)	223
6.7.	Terres humides (catégorie 4.D du CUPR)	224
6.8.	Établissements (catégorie 4.E du CUPR)	228
6.9.	Conversion des forêts	232

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 (CO₂) associées aux variations des stocks de carbone (C), les émissions supplémentaires de CO₂, de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O) et de monoxyde de carbone (CO)¹ attribuables au brûlage dirigé de la biomasse, les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O rejetées suite au drainage des sols organiques des forêts et au drainage et remouillage des terres humides à des fins d'extraction de tourbe, et les émissions de N₂O résultant de la conversion des terres en terres cultivées.

Les flux nets estimés de GES du secteur ATCATF, qui représentent la somme des émissions de CO₂² et de gaz autres que le CO₂ et des absorptions de CO₂, correspondaient à une absorption nette de 65 Mt en 1990, 5,5 Mt en 2005 et 17 Mt en 2021³. Lorsque ces chiffres sont inclus dans les totaux nationaux, les estimations des flux nets entraînent une diminution de 11 % en 1990, de 0,8 % en 2005 et de 2,6 % en 2021 des émissions totales de GES du Canada. Le Tableau 6–1 donne 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 du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR).

Les catégories des Terres forestières, des Terres cultivées et des Produits ligneux récoltés ont eu la plus grande influence sur les totaux du secteur. Des flux négatifs nets (c.-à-d. des absorptions de C) ont été déclarés dans le secteur ATCATF pour toutes les années de la série chronologique, sauf pour une source modeste de 24 kt observée en 2015⁴. Les absorptions

1 Les émissions de CO sont déclarées comme du CO dans le tableau 4 du CUPR, mais ne sont pas incluses dans les totaux sectoriels; elles sont plutôt déclarées comme des émissions indirectes de CO₂ dans le tableau 6 du CUPR. À moins d'indication contraire, l'ensemble des émissions et des absorptions déclarées pour le secteur ATCATF n'incluent pas les émissions indirectes de CO₂ provenant du CO.

2 À moins d'indication contraire, toutes les émissions et absorptions sont exprimées en équivalents CO₂ (éq. CO₂).

3 Toutes les valeurs associées aux estimations et aux données sur les activités ont été arrondies selon le protocole décrit à l'Annexe 8, 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 portail des données ouvertes : <https://data.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr>.

Tableau 6-1 **Estimations des flux nets de gaz à effet de serre du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, pour certaines années**

Catégories sectorielles		Flux net de GES (kt d'éq. CO ₂) ^b							
		1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie – TOTAL ^a		-65 000	-5 500	-11 000	-16 000	-11 000	-19 000	-13 000	-17 000
a.	Terres forestières	-200 000	-140 000	-140 000	-140 000	-130 000	-140 000	-130 000	-130 000
	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	-200 000	-140 000	-140 000	-130 000	-130 000	-140 000	-130 000	-130 000
	Terres converties en terres forestières	-1 100	-950	-440	-390	-340	-300	-240	-170
b.	Terres cultivées	1 000	-22 000	-17 000	-23 000	-22 000	-18 000	-16 000	-18 000
	Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	-8 500	-26 000	-21 000	-26 000	-25 000	-21 000	-20 000	-21 000
	Terres converties en terres cultivées	9 500	3 900	3 300	3 400	3 300	3 300	3 500	3 400
c.	Prairies	0,6	0,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Prairies dont la vocation n'a pas changé	0,6	0,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Terres converties en prairies	I	I	I	I	I	I	I	I
d.	Terres humides	5 400	3 100	3 100	3 100	2 800	3 100	3 500	3 300
	Terres humides dont la vocation n'a pas changé	1 500	2 600	2 700	2 700	2 500	2 700	2 900	2 900
	Terres converties en terres humides	3 900	500	470	420	250	420	550	440
e.	Établissements	1 900	1 500	2 300	2 200	2 100	1 900	2 100	2 000
	Établissements dont la vocation n'a pas changé	-4 200	-4 400	-4 400	-4 400	-4 400	-4 400	-4 400	-4 400
	Terres converties en établissements	6 100	5 900	6 700	6 600	6 500	6 400	6 500	6 500
f.	Autres terres	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I	NE, O	NE, I	NE, I
g.	Produits ligneux récoltés	130 000	150 000	140 000	140 000	140 000	130 000	130 000	130 000
	Conversion des forêts ^c	21 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000
	Émissions indirectes de CO ₂ ^d	690	770	660	670	610	510	470	490
	Perturbations naturelles ^e	-27 000	70 000	120 000	240 000	270 000	170 000	21 000	310 000

Notes :

NE = Non estimé

I = Inexistant

a. Comme les chiffres ont été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. L'Annexe 8 décrit le protocole d'arrondissement.

b. Les signes négatifs indiquent les absorptions nettes de CO₂ 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, Terres converties en établissements et les Produits ligneux récoltés.

d. Émissions indirectes de CO₂ provenant de l'oxydation atmosphérique de CO et imputables au brûlage dirigé de la biomasse (déclarées dans le tableau 6 du CUPR).

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 CO₂ attribuables à l'oxydation atmosphérique du CO produit par les feux de forêt.

de C ont diminué pendant la période située entre 1990 et 2005 en raison de la tendance à la baisse des absorptions nettes dans la catégorie des Terres forestières, qui ont été partiellement atténuées par une augmentation des absorptions dans la catégorie des Terres cultivées.

Les émissions et les absorptions du secteur forestier au Canada sont composées des flux nets provenant de peuplements forestiers matures sur le plan commercial qui sont issus d'une récolte ou d'un rétablissement après des perturbations naturelles, et les émissions correspondantes des PLR extraits de forêts canadiennes et qui ont soit atteint leur fin de vie ou qui ont été utilisés pour la bioénergie. L'aménagement des forêts a entraîné une diminution des absorptions nettes de 200 Mt en 1990 à 130 Mt en 2007 dans la catégorie des Terres forestières. La diminution des absorptions témoigne des effets combinés de l'exploitation forestière et de l'augmentation de la mortalité liées aux insectes qui ont ensemble entraîné une réduction nette de l'absorption du C de l'atmosphère par les peuplements matures sur le plan commercial. Les absorptions nettes par les Terres forestières ont fluctué depuis 2007, atteignant un sommet à 140 Mt en 2009, lorsque les taux de récolte ont diminué au plus bas niveau de la série chronologique de 32 ans, et diminuant encore à 130 Mt en 2021 par la perte d'importantes superficies de forêts aménagées matures à cause des incendies de forêt.

Les émissions de la catégorie des Produits ligneux récoltés⁵, qui s'apparentent étroitement à celle des Terres forestières, ont varié de 130 Mt à 150 Mt pendant les années de déclaration 1990 à 2021. En 2019, les taux de récolte ont brusquement diminué et les émissions ont depuis diminué pour frôler le minimum observé en 2009 (Tableau 6-1), atteignant un plancher à 130 Mt en 2021. Les émissions sont principalement influencées par la tendance des taux de récolte forestière durant la période de déclaration, mais aussi par l'effet à long terme des taux de récolte avant 1990, puisqu'une partie du C des PLR avant 1990 est émise durant la période de déclaration.

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.

Le flux net combiné des catégories Terres forestières et Produits ligneux récoltés, la dernière catégorie excluant 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 des absorptions nettes de 77 Mt en 1990 et de 9,1 Mt en 2021, et à des émissions nettes maximales de 8,2 Mt en 2005. Ces estimations représentent les totaux combinés des absorptions nettes des terres forestières et des émissions nettes des PLR des forêts.

Les émissions et les absorptions des peuplements qui se récupèrent des perturbations naturelles que nulle intervention humaine ne peut empêcher font l'objet d'un suivi distinct des émissions et des absorptions des peuplements répertoriés et suivis dans les pratiques d'aménagement forestier, pour servir l'intérêt du public. Les perturbations naturelles peuvent entraîner une augmentation importante d'émissions de GES et des absorptions subséquentes dans la forêt aménagée et afficher une grande variabilité interannuelle qui masque le rôle des activités d'aménagement forestier sur le C forestier (pour des précisions, veuillez consulter la section 6.3.1.2). Depuis 1990, les flux nets des terres affectés par des perturbations naturelles ont varié entre des absorptions de 47 Mt en 1992 à des émissions maximales de 310 Mt en 2021 (année record sur le plan des incendies de forêt depuis 1990). 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 incendies de forêt et du suivi des perturbations causées par les insectes.

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, à leur tour, fait augmenter l'apport de C aux sols, ont entraîné une augmentation des absorptions nettes de CO₂ dans la catégorie des Terres cultivées pendant la période de 1990 à 2006. Cette tendance a été encore plus à la hausse par les réductions de la conversion 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, quelques augmentations dans 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 quelque peu atténuée par une augmentation des rendements annuels des cultures. Cependant, les mauvaises récoltes et les rendements exceptionnels périodiques découlant des conditions météorologiques ont accru la variabilité interannuelle des apports de C au sol et, par conséquent, des émissions et des absorptions. Mentionnons par exemple les émissions maximales associées aux sécheresses qui ont sévi dans l'Ouest canadien en 2002 et en 2003 (atteignant 7,8 Mt en 2003) et les absorptions maximales en 2009 (36 Mt) et en 2014 (43 Mt) associées 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 2021, les flux nets pour la catégorie des Terres humides (extraction de tourbe et terres submergées) ont varié d'un sommet à 5,5 Mt (1993) à un creux à 2,8 Mt (2018). Les tendances dans cette catégorie sont principalement dues à la création de grands réservoirs avant 1990, ce qui a entraîné des émissions résiduelles plus élevées entre 1990 et 1993. Les émissions provenant des terres submergées en 2021 représentaient 37 % de toutes les émissions de la catégorie des Terres humides, comparativement à 82 % en 1990. Les émissions de la catégorie des Terres converties en terres humides ont diminué pendant la période de déclaration, passant de 3,9 Mt à 0,4 Mt.

Les émissions nettes déclarées dans la catégorie des Établissements ont varié de 1,2 Mt (1997) à 2,3 Mt (2015), principalement en raison du taux de conversion des terres forestières, dont les émissions étaient de 6,4 Mt en 2021. Ces émissions sont compensées en moyenne de 72 % tout au long de la période de déclaration par la croissance des arbres des zones urbaines, responsable d'absorptions relativement constantes d'environ 4,4 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 et une partie de la catégorie Produits ligneux récoltés. Ces catégories étant prises en compte ensemble, les émissions attribuables à la conversion de forêts ont diminué, passant de 21 Mt en 1990 à 16 Mt en 2021, ce qui comprend les émissions des produits ligneux récoltés résultant des activités de conversion des forêts depuis 1990. Ce déclin des émissions englobe une baisse de 4,3 Mt et de 1,7 Mt des émissions immédiates et résiduelles imputables à la conversion des terres forestières en terres cultivées et en terres humides, respectivement, une augmentation de 0,4 Mt de ces émissions découlant de la conversion de terres forestières en établissements, et une augmentation de 0,6 Mt des émissions issues de l'utilisation et de l'élimination des PLR résultantes depuis 1990.

Pour éviter une double comptabilisation, les estimations des changements dans le stock de C aux tableaux 4.A à 4.E du CUPR excluent les émissions rejetées sous forme de CO₂, de CH₄ et de CO par la combustion de biomasse et les émissions de CO₂ et de CH₄ issues du drainage et du remouillage des sols organiques. Les émissions de C rejetées sous forme de CO₂ et de CH₄ par la combustion de la biomasse sont déclarées au tableau 4(V), avec les émissions de N₂O. Les émissions de C sous forme de CO₂ et de CH₄ provenant du drainage des sols organiques des forêts et du drainage et du remouillage des terres humides à des fins d'extraction de tourbe, sont présentées dans le tableau 4(II) du CUPR avec les émissions de N₂O. Les émissions de C sous forme de CO sont déclarées comme telles dans le tableau 4 du CUPR, mais ne sont pas incluses dans les totaux sectoriels; elles sont plutôt déclarées comme des émissions indirectes de CO₂ dans le tableau 6 du CUPR. Les émissions et les absorptions de CO₂ et les émissions de CH₄, de N₂O et de CO sont automatiquement comptabilisées dans le tableau 4 du CUPR.

Le rapport de cette année comprend des recalculs des estimations déclarées dans les catégories Terres forestières et Terres cultivées. Les recalculs les plus notables étaient dus à l'harmonisation des données sur les activités des Terres cultivées avec celles du *Recensement de l'agriculture* de 2021, laquelle a entraîné de recalculs importants pour 2018 jusqu'en 2020; des corrections aux données de 2020 sur les activités relatives aux insectes; une correction aux niveaux d'activité de brûlage à plat en Colombie-Britannique qui ont eu des incidences sur les années 1990 à 2005 et la mise en application d'un délai de régénération pour une partie des peuplements forestiers ayant subi des perturbations naturelles.

D'autres recalculs moins importants ont été effectués pour les catégories Terres forestières, Terres humides et Produits ligneux récoltés, principalement en raison d'une mise à jour des suppositions sur les proportions de chaque type de forêt avant perturbation pour des projets de déboisement, de l'ajout des superficies déboisées et inondées associées à un grand projet hydroélectrique au Québec, d'une mise à jour des données sur les activités de 2020 relatives à l'extraction de tourbe et d'une mise à jour des données sur les activités relatives à la bioénergie et à la récolte forestière traditionnelle.

L'impact combiné de l'ensemble de ces recalculs et d'autres recalculs mineurs du secteur de l'ATCATF (Tableau 6–2) a fait augmenter les absorptions nettes estimées de 1,0 Mt (+1,5 %) pour 1990, de 1,3 Mt (+31 %) pour 2005 et de 6,6 Mt (+98 %) en 2020.

Tableau 6–2 Aperçu des résultats des recalculs des estimations déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie									
Catégories sectorielles			1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020
Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie – TOTAL ^a		kt	- 970	-1 300	- 350	790	-2 800	-2 900	-6 600
		%	1,5 %	31 %	3,3 %	-4,7 %	33 %	18 %	98 %
a.	Terres forestières	kt	-1 600	-1 200	680	1 300	1 100	1 400	- 840
		%	0,8 %	0,9 %	-0,5 %	-0,9 %	-0,8 %	-1,0 %	0,6 %
	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	kt	-1 600	-1 200	680	1 300	1 100	1 400	- 840
		%	0,8 %	0,9 %	-0,5 %	-0,9 %	-0,8 %	-1,0 %	0,6 %
	Terres converties en terres forestières	kt	-	-	-	-	-	-	-
		%	-	-	-	-	-	-	-
b.	Terres cultivées	kt	620	81	- 430	660	-3 100	-3 700	-6 700
		%	165 %	-0,4 %	2,5 %	-2,8 %	16 %	27 %	70 %
	Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	kt	440	- 33	- 310	600	-3 000	-3 600	-6 700
		%	-4,9 %	0,1 %	1,5 %	-2,2 %	13 %	21 %	51 %
	Terres converties en terres cultivées	kt	180	110	- 120	62	- 160	- 140	- 34
		%	1,9 %	3,0 %	-3,6 %	1,9 %	-4,6 %	-4,0 %	-1,0 %
c.	Prairies	kt	-	-	-	-	-	-	-
		%	-	-	-	-	-	-	-
	Prairies dont la vocation n'a pas changé	kt	-	-	-	-	-	-	-
		%	-	-	-	-	-	-	-
d.	Terres humides	kt	-	19	11	- 0,3	2,3	180	560
		%	-	0,6 %	0,3 %	0,0 %	0,1 %	6,0 %	19 %
	Terres humides dont la vocation n'a pas changé	kt	-	- 0,1	1,2	0,5	0,0	- 0,2	260
		%	-	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	9,7 %
	Terres converties en terres humides	kt	-	19,0	9,3	- 0,8	2,4	180	310
		%	-	3,9 %	2,0 %	-0,2 %	1,0 %	72 %	123 %
e.	Établissements	kt	- 4,1	-150	- 260	- 230	- 82	- 310	- 110
		%	-0,2 %	-8,8 %	-10 %	-9,5 %	-3,8 %	-14 %	-4,9 %
	Établissements dont la vocation n'a pas changé	kt	-	-	-	-	-	-	-
		%	-	-	-	-	-	-	-
	Terres converties en établissements	kt	- 4,1	-150	- 260	- 230	- 82	- 310	- 110
		%	-0,1 %	-2,4 %	-3,8 %	-3,4 %	-1,2 %	-4,7 %	-1,6 %
g.	Produits ligneux récoltés	kt	-13	-54	- 350	-920	- 760	-440	450
		%	0,0 %	0,0 %	-0,3 %	-0,7 %	-0,5 %	-0,3 %	0,4 %
	Conversion de forêts ^b	kt	-23	-83	- 630	- 400	- 500	- 580	- 140
		%	-0,1 %	-0,5 %	-3,7 %	-2,4 %	-3,1 %	-3,5 %	-0,9 %
Notes :									
Le trait d'union (-) indique qu'il n'y a pas eu de recalculs.									
a. Comme les chiffres ont été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. L'Annexe 8 décrit le protocole d'arrondissement.									
b. Ne constitue pas une catégorie de déclaration.									

Pour des précisions sur les modifications apportées, veuillez consulter les sections 6.3 à 6.9, le Tableau 6–3 et le Tableau 8–4.

Tableau 6–3 Résumé 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		
Mise à jour des données sur les activités en foresterie industrielle à partir de la Base de données nationale sur les forêts (BDNF)	Mise à jour des données sur les activités	2015–2021
Mise en place d'un délai de régénération pour une partie des peuplements forestiers ayant subi des perturbations naturelles	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Corrections aux données sur les activités de 2020 relatives aux insectes	Amélioration continue	2020–2021
Corrections aux estimations relatives aux objectifs de brûlage à plat et aux emplacements spatiaux des récoltes de bois de chauffage en Colombie-Britannique	Amélioration continue	1990–2005
Prise en compte des stocks de carbone (C) avant plantation dans l'estimation de la teneur initiale en C pour les sites récemment boisés	Amélioration continue	2021
Amélioration de la résolution temporelle des suppositions relatives aux types de forêts déboisées avant leur perturbation	Amélioration continue	2005–2021
Ajout des superficies déboisées et submergées associées à un vaste projet d'hydroélectricité au Québec	Mise à jour des données sur les activités	2019–2021
Légères mises à jour rétroactives aux statistiques relatives aux superficies brûlées dans plusieurs écozones	Mise à jour des données sur les activités	Toute la série chronologique
Terres cultivées		
Harmonisation des données sur les activités avec le <i>Recensement de l'agriculture</i> de 2021	Mise à jour des données sur les activités	2018–2021
Recompilation des données de recensement d'avant 1971	Mise à jour des données sur les activités	Début des années 1990
Comblement des lacunes dans la déclaration des activités relatives aux fèves, au cours du temps	Amélioration continue	Toute la série chronologique
Comblement des lacunes dans la déclaration des superficies occupées par des cultures de sarrasin pour 2011	Amélioration continue	Vers 2011
Amélioration de la série chronologique des données sur les activités associées à la biomasse ligneuse des arbres et arbustes sur les terres agricoles	Amélioration continue	1995–2005
Amélioration de la résolution temporelle des suppositions relatives aux types de forêts déboisées avant leur perturbation	Amélioration continue	2005–2021
Prairies		
Aucun recalcul		
Terres humides		
Mise à jour des données sur les activités de 2020 liées à l'extraction de tourbe de RNCAN	Mise à jour des données sur les activités	2020–2021
Ajout de superficies submergées associées à un vaste projet d'hydroélectricité au Québec	Mise à jour des données sur les activités	2019–2021
Amélioration de la résolution temporelle des suppositions relatives aux types de forêts déboisées avant leur perturbation	Amélioration continue	2005–2021
Établissements		
Ajout des superficies déboisées et submergées associées à un vaste projet d'hydroélectricité au Québec	Mise à jour des données sur les activités	2019–2021
Amélioration de la résolution temporelle des suppositions relatives aux types de forêts déboisées avant leur perturbation	Amélioration continue	2005–2021
Produits ligneux récoltés		
Mise à jour des données sur les activités en foresterie industrielle à partir de la BDNF	Mise à jour des données sur les activités	2015–2021
Mise à jour des paramètres du modèle sur les PLR à partir des statistiques de la FAO sur les produits forestiers	Mise à jour des données sur les activités	2019–2021
Mise à jour des données sur les activités d'incinération des déchets	Mise à jour des données sur les activités	Toute la série chronologique
Mise à jour de la consommation résidentielle et industrielle de bioénergie	Mise à jour des données sur les activités	2019–2021
Amélioration de la série chronologique des données sur les activités associées à la biomasse ligneuse des arbres et arbustes dans des terres agricoles	Amélioration continue	1995–2005

Les estimations concernant toutes les catégories se rapportant à la forêt sont établies à l'aide du même cadre de modélisation. Par conséquent, les changements apportés au modèle forestier et la répartition des perturbations dans le paysage peuvent modifier les peuplements forestiers disponibles pour la modélisation des événements subséquents, par exemple une conversion de forêt, ce qui entraîne des recalculs indirects dans des catégories de conversion des terres, et des transferts de C vers les produits ligneux récoltés.

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 (RNC-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 pour d'autres catégories d'affectation des terres.

Des améliorations prévues comprennent des révisions continues de la méthode d'isolement des absorptions et des émissions anthropiques découlant de l'aménagement forestier, des révisions 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 d'une quantification des catégories manquantes d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres. Pour des précisions, veuillez 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.

Le reste du chapitre donne davantage de détails sur chaque catégorie du secteur. La section 6.2 donne une vue d'ensemble de la façon dont les terres aménagées sont définies et représentées; la section 6.3 décrit brièvement la catégorie des Terres forestières; la section 6.4 décrit la catégorie des Produits ligneux récoltés; les sections 6.5 à 6.8 décrivent les catégories des Terres cultivées, des Terres humides et des Établissements; quant à la section 6.9, elle est consacrée aux estimations inter-catégories de la conversion des Terres forestières.

Les méthodes d'inventaire détaillées et les sources des données sur les activités sont décrites à l'Annexe 3.5 et une compilation des coefficients d'émission et d'autres paramètres utilisés pour calculer et déclarer les estimations du secteur ATCATF est fournie à l'Annexe 6.5.

6.2. Définitions des catégories de terres et représentation des terres aménagées

Pour harmoniser toutes les estimations basées sur les terres, des définitions de travail communes des catégories de terres ont été adoptées par tous les groupes chargés d'établir les estimations. 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 disponibles 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 une couverture minimale de la couronne des arbres de 25 % 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 que l'on peut se poser quant aux superficies qui représentent fidèlement les « forêts aménagées ». Pour les besoins de 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 incendies. L'Annexe A3.5 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 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 sont pas déjà incluses dans les 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 qu'on a drainées pour en extraire la tourbe, et les terres submergées pour les réservoirs hydroélectriques (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 incluant les substrats composés de roche, de glace ou de sol nu, et toutes les superficies terrestres qui n'entrent dans aucune des cinq autres catégories. À l'heure actuelle, les émissions découlant de la conversion d'Autres terres en terres submergées (réservoirs) et pour l'extraction de tourbe sont déclarées dans la catégorie des Terres humides.

À cause du 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 peuvent pousser naturellement. Puisque les prairies sont définies comme des « prairies indigènes », il n'y a pas de création de prairies 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 pour toutes les catégories de changement d'affectation des terres, sauf pour les Terres converties en terres inondées (réservoirs), lorsqu'une période de transition de 10 ans est appliquée (GIEC, 2006), et pour les Terres converties pour l'extraction de tourbe, lorsqu'une période de transition d'un an est appliquée. La période de transition d'un an représente le temps d'application des pratiques de conversion des terres que sont le drainage et l'enlèvement de la couche végétale de surface (acrotelme) en préparation à l'extraction de la tourbe. Cependant, le recours à la période de transition de 20 ans est simplement une question de procédure, puisqu'on emploie des méthodes d'estimation d'un niveau supérieur pour estimer les émissions et les 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 2021. 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 touchées par des répercussions

Tableau 6–4 **Matrice d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2021**

Affectation initiale des terres	Affectation finale des terres (kha)						
	Terres forestières ^a		Terres cultivées	Prairies ^b	Terres humides ^c	Établissements ^c	Autres Terres
	Composante anthropique	Composante perturbation naturelle					
Terres forestières ^a	171 100	54 399	22	I	0,0	27	I
Composante anthropique	171 400	449	22	I	0,0	27	I
Composante perturbation naturelle	- 300	53 950	I	I	I	I	I
Terres cultivées	1,4	I	46 246	I	NE	11	I
Prairies	I	I	I	7 207	NE	0,9	I
Terres humides ^c	I	I	NE	I	492	NE	I
Établissements ^c	I	I	NE	I	I	992	I
Autres	I	I	I	I	0,5	I	NE

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 tableaux du CUPR. 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 le CUPR.

anthropiques (les estimations de GES de ces superficies sont déclarées dans les tableaux 4.A, 4[II] et 4[V] du CUPR), ainsi que les superficies forestières touchées par des perturbations naturelles (pour des précisions sur l'approche utilisée par 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 CO₂ 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 (section 6.8.2.2). Chaque total des colonnes correspond à la superficie totale déclarée dans le CUPR pour chaque catégorie des terres. Le tableau 4.1 (Matrice de transition des terres) du CUPR donne toute la série chronologique de la matrice d'affectations des terres et de changement d'affectation des terres.

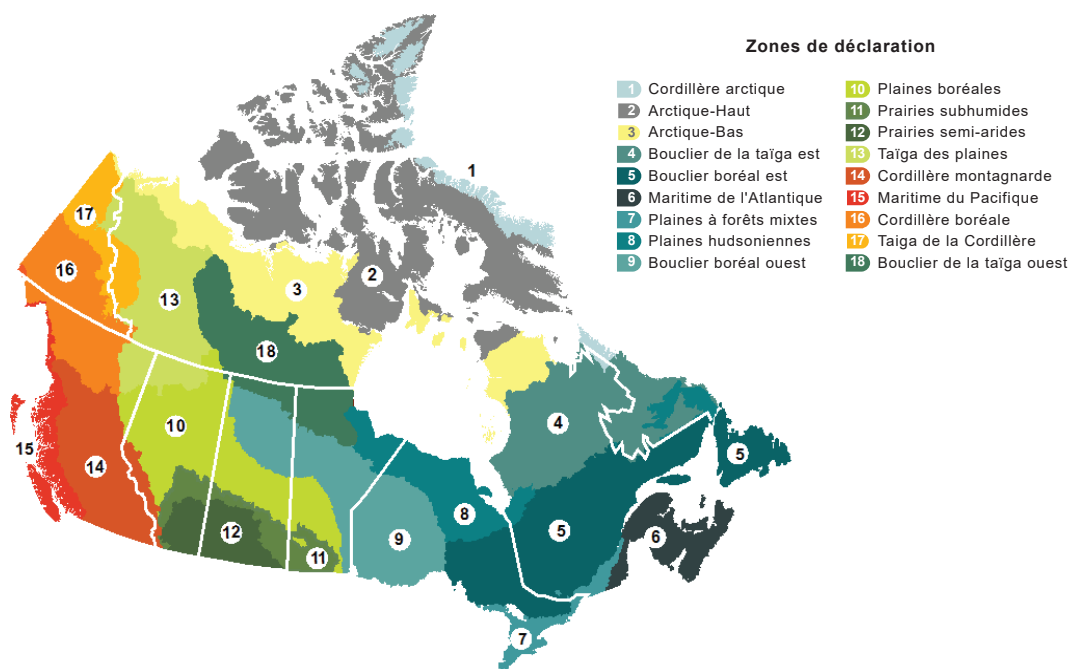
Le cadre du secteur ATCATF comprend la conversion de forêts non aménagées, de prairies et de terres dont la vocation n'avait pas été définie antérieurement en d'autres catégories de terres. Dans tous les cas, les terres non aménagées converties à d'autres affectations sont ensuite considérées comme des 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 tableaux du CUPR 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 étant 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. L'Annexe 3.5.1 présente d'autres précisions sur le cadre spatial d'estimation et de déclaration.

Les superficies déclarées dans les tableaux du CUPR 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 submergées (réservoirs) représentent une fraction de la superficie totale des réservoirs (ceux inondés depuis 10 ans ou moins), et non la superficie totale des réservoirs du Canada.

De même, les superficies de terres converties déclarées dans les tableaux de référence des secteurs pertinents du CUPR désignent la superficie totale cumulative convertie depuis 20 ans (10 ans pour les réservoirs et 1 an pour l'extraction de tourbe); il ne faut donc pas les confondre avec les taux annuels de changement d'affectation des terres. Les tendances

Figure 6–1 **Zones de déclaration aux fins des estimations du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie**



observées dans les catégories de terres converties du CUPR (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 (10 ans pour les réservoirs et 1 an pour l'extraction de tourbe) 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 du CUPR pour la première fois dans le présent rapport et les superficies de terres non aménagées restantes déclarées dans ce tableau 4.1 du CUPR 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, veuillez consulter l'Annexe 3.5.1).

6.3. Terres forestières (catégorie 4.A du CUPR)

Les forêts et autres terres boisées couvrent 410 Mha du territoire canadien; à elles seules, les terres forestières occupent 360 Mha⁶. 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 2021, le bilan net des GES déclaré pour la composante anthropique des Terres forestières aménagées (voir la section 6.3.1.2) correspondait à des absorptions de 130 Mt (Tableau 6–1 et Tableau 4 du CUPR), tandis que les émissions des produits ligneux provenant des forêts aménagées du Canada atteignaient 120 Mt.

L'estimation pour la catégorie des Terres forestières comprend les émissions et absorptions nettes de CO₂, de même que les émissions de N₂O et de CH₄ résultant du brûlage à plat 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) (170 Mha, absorptions nettes de 130 Mt en 2021) et en Terres converties en terres forestières (0,03 Mha, absorptions nettes de 0,2 Mt en 2021).

6.3.1. Terres forestières dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.A.1 du CUPR)

6.3.1.1. Description de la catégorie de puits

Au cours de leur croissance, les arbres absorbent du CO₂ 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 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 des 30 à 40 premières années. La combinaison des émissions et absorptions de GES de la catégorie des Terres forestières et des émissions de CO₂ provenant de la catégorie des Produits ligneux récoltés associée aux produits forestiers représente les flux nets entre les forêts aménagées et l'atmosphère (Figure 6–2).

Les valeurs estimatives des absorptions nettes déclarées dans la catégorie des Terres forestières provenant de l'aménagement des forêts comprennent les flux nets issus de peuplements forestiers matures sur le plan commercial provenant soit de la récolte soit du rétablissement après des perturbations naturelles. 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 absorptions nettes des Terres forestières sont passées de 200 Mt en 1990 à 130 Mt en 2007, et sont demeurées relativement constantes depuis. La baisse des absorptions entre 2000 et 2007 (Figure 6–2) s'explique principalement par les tendances observées dans les zones de déclaration de la Cordillère montagnarde et des

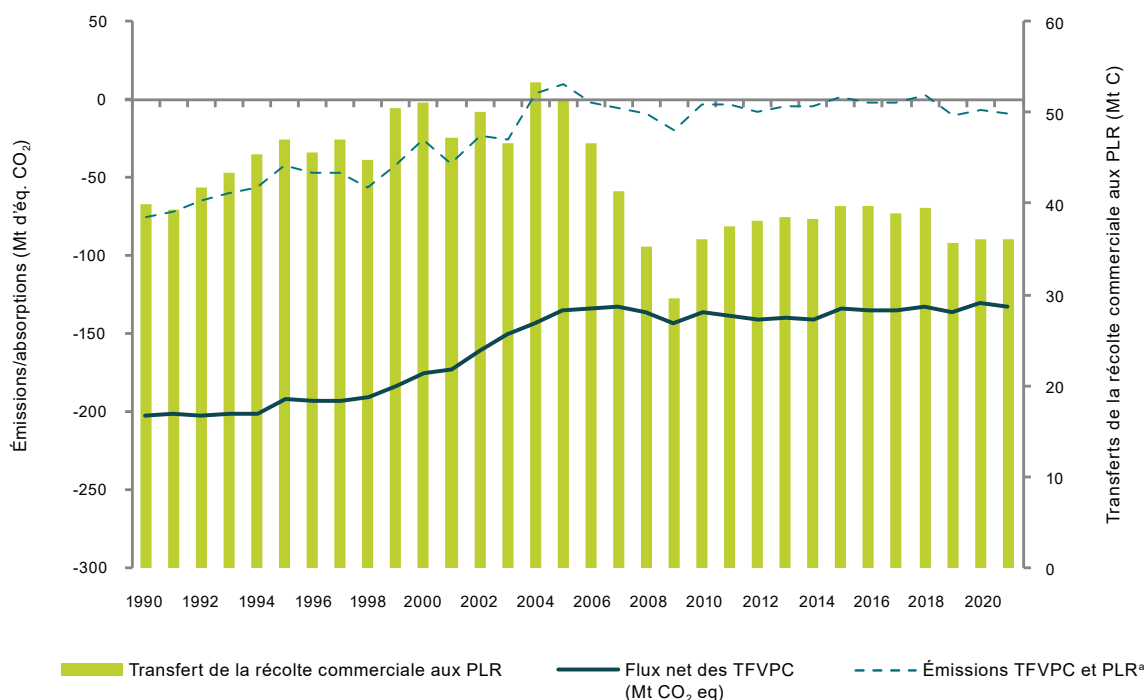
6 Données statistiques du Canada : Inventaire forestier. Ressources naturelles du Canada. [Consultation le 25 janvier 2023]. Disponible en ligne à : <https://cfs.nrcan.gc.ca/profilstats/inventaire/canada>.

7 Répercussions des perturbations naturelles entraînant un taux de mortalité des arbres de plus de 20 %.

Plaines boréales. Dans la zone de la Cordillère montagnarde, les infestations d'insectes et les coupes de récupération dans des peuplements infestés ont modifié l'âge moyen des forêts et il y a maintenant des classes d'âge inférieures et un taux d'accumulation globalement moindre de C dans la biomasse⁸ de cette zone de déclaration. Parallèlement, les infestations d'insectes de faible intensité ont fait augmenter la mortalité des arbres sur de grandes superficies, entraînant ainsi une augmentation des émissions attribuables à la décomposition. Dans la zone des Plaines boréales, l'augmentation des taux de récolte a modifié l'âge moyen des forêts dans cette zone de déclaration, mais les infestations d'insectes et les incendies ont aussi causé une diminution de la superficie des peuplements forestiers matures sur le plan commercial et, conséquemment, du taux d'absorption 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 dont le taux de mortalité est faible ont eu un effet sur de grandes superficies des zones de déclaration Bouclier boréal est et Maritimes de l'Atlantique et, depuis 2010, ont eu un effet sur les émissions et les absorptions déclarées dans ces régions, effet qui persistera probablement pendant quelques décennies.

Le flux net total dans les forêts aménagées présenté au Tableau 6-5 est la somme des valeurs estimatives des émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O et des absorptions de CO₂ influées par les activités humaines (y compris les émissions de CO provenant du brûlage dirigé de la biomasse, déclarées comme des émissions indirectes de CO₂) 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 les zones qui s'en rétablissent. 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 230 Mt en 1990 et de 65 Mt en 2005 et des émissions nettes de 180 Mt en 2021. Les variations des flux nets dépendent en grande partie de la fréquence des perturbations naturelles au cours d'une année donnée. La présente un aperçu des émissions et des absorptions déclarées dans le secteur forestier, indiquant les effets à court et à long terme de l'aménagement et de la récolte anthropiques sur le stockage du C dans la forêt et sur les émissions produites par les PLR extraits des forêts canadiennes, qui sont déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés.

Figure 6-2 Émissions et absorptions attribuables aux Terres forestières



Notes :

a. Inclut les émissions des PLR attribuables aux récoltes et aux coupes de récupération pratiquées après des perturbations naturelles

TFVPC = Terres forestières dont la vocation n'a pas changé

PLR = Produits ligneux récoltés

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 désigne la production primaire nette.

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, pour certaines années

Sous-catégories	GES	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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		170 000	170 000	170 000	170 000	170 000	170 000	170 000	170 000
Superficie touchée par des effets de perturbations naturelles		56 000	56 000	53 000	54 000	54 000	54 000	54 000	54 000
Flux nets – déclarés et non déclarés (kt d'éq CO₂)^{a, b}		-230 000	-65 000	-15 000	110 000	130 000	35 000	-110 000	180 000
Estimations déclarées^c		-200 000	-140 000	-140 000	-130 000	-130 000	-140 000	-130 000	-130 000
Composante anthropique, activités antérieures d'aménagement des forêts		-64 000	-25 000	-46 000	-47 000	-47 000	-52 000	-50 000	-53 000
	CO ₂	-65 000	-26 000	-47 000	-48 000	-48 000	-53 000	-50 000	-54 000
	CH ₄	300	570	450	490	430	310	250	280
	N ₂ O	160	320	260	270	250	200	170	180
	CO ₂ ^d	270	530	410	420	390	280	220	250
Composante anthropique, peuplements matures issus d'une perturbation naturelle	CO ₂	-140 000	-110 000	-89 000	-88 000	-86 000	-84 000	-81 000	-79 000
Émissions et absorptions nettes des terres touchées par des perturbations naturelles		-27 000	70 000	120 000	240 000	270 000	170 000	21 000	310 000
Feux de forêt – émissions immédiates directes ^e		30 000	63 000	100 000	220 000	230 000	150 000	14 000	270 000
	CO ₂	26 000	55 000	91 000	190 000	200 000	130 000	12 000	230 000
	CH ₄	2 600	5 600	9 200	19 000	20 000	13 000	1 200	24 000
	N ₂ O	1 300	2 800	4 600	9 500	10 000	6 400	620	12 000
Feux de forêt – émissions immédiates indirectes de CO ₂ ^e	CO	2 600	5 500	9 100	19 000	20 000	13 000	1 200	23 000
Émissions et absorptions de CO ₂ suivant les feux de forêt ^e	CO ₂	-60 000	-41 000	-21 000	-15 000	-7 900	-7 000	-13 000	-540
Insectes – émissions et absorptions ^f	CO ₂	310	42 000	27 000	23 000	21 000	20 000	18 000	17 000
Autres perturbations naturelles – émissions et absorptions ^g	CO ₂	I	26	6,2	5,5	2,3	2,1	2,0	1,8
Transferts de carbone aux PLR (kt C)^h		44 000	54 000	43 000	43 000	43 000	39 000	39 000	39 000

Notes :

Comme les chiffres ont été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. L'Annexe 8 décrit le protocole d'arrondissement.

I = Inexistant

Kha = kilohectare

a. Les signes négatifs indiquent l'absorption de CO₂ 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 du CUPR. Inclut les émissions/absorptions de CO₂ et les émissions de CH₄, de N₂O et de CO.

c. Inclut les émissions/absorptions de CO₂ et les émissions de CH₄ et de N₂O 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. Les émissions indirectes de CO₂ provenant de l'oxydation atmosphérique de CO et imputables au brûlage de résidus et aux activités de brûlage dirigé après la récolte forestière sont déclarées dans le tableau 6 du CUPR.

e. Les émissions immédiates comprennent les émissions directes et indirectes de CO₂ et les émissions directes de gaz autres que le CO₂ découlant de l'impact immédiat des feux de forêt. Les émissions de CO₂ 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 CO₂ sont liées à la régénération naturelle des peuplements suivant les feux de forêt.

f. Inclut les émissions, principalement résiduelles, attribuables aux infestations d'insectes, et les absorptions liées à la régénération naturelle subséquente des peuplements.

g. 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.

h. Ce transfert des catégories des terres au réservoir de carbone des produits ligneux récoltés (PLR) est présenté ici à titre informatif. Il inclut les coupes de récupération pratiquées à la suite de perturbations naturelles. La conception actuelle des tableaux du CUPR pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie ne permet pas de représenter le transfert de carbone vers le réservoir des PLR utilisés.

6.3.1.2. Questions de méthodologie

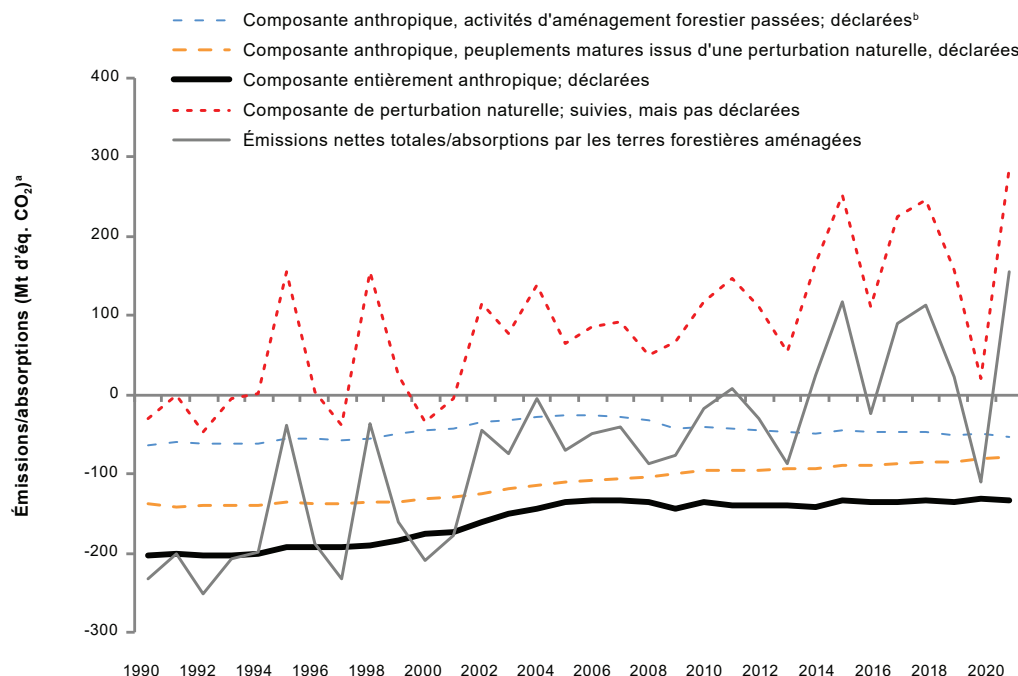
Le Canada estime les émissions et les absorptions de GES des forêts aménagées à l'aide d'une méthode de Niveau 3. Le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur le C des forêts (SNSCPRCF)⁹ du pays prend en compte une approche basée sur un modèle (le Modèle de 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 CO₂. Il

⁹ Système canadien de déclaration du carbone forestier: <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/comptabilisation-carbone-forestier/13088>.

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 méthodologie d'estimation sont fournis à l'Annexe 3.5.2.1.

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 [appelés « composante anthropique » et « composante de perturbation naturelle », respectivement]. La composante anthropique comprend les émissions et les absorptions associées i) aux peuplements qui ont été directement affectés 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 % (c.-à-d., défoliation causée par des insectes) ou un taux de mortalité supérieur à 20 % et qui ont récupéré jusqu'à atteindre la biomasse précédant une perturbation, 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 supérieur du public). La composante des perturbations naturelles comprend les émissions et les absorptions associées à de grandes perturbations naturelles incontrôlables telles que 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 devenue celle précédant la perturbation, respectivement. 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

Figure 6-3 Émissions et absorptions attribuables aux Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, par composante de peuplement



Notes:

- a. Ne comprend pas les émissions indirectes de CO₂ ou les émissions des produits ligneux récoltés.
- b. Coupe à blanc et coupe partielle, éclaircie commerciale et précommerciale, et coupe de récupération.
- c. Peuplements ayant atteint l'âge d'exploitation minimal (soit le seuil de maturité commerciale soit la même biomasse qu'avant perturbation) et qui sont admissibles à la planification de la récolte.

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, vous pouvez également consulter le rapport État des forêts au Canada (RNCAN, 2022). Des renseignements supplémentaires sur la méthode d'estimation sont disponibles à l'Annexe 3.5.2.6 et dans Kurz et al. (2018).

Les variations des stocks de C dans la composante anthropique des forêts aménagées sont indiquées, par zone de déclaration, dans le tableau 4.A du CUPR. 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 de perturbations naturelles des forêts aménagées sont déclarées séparément, par zone de déclaration, dans le tableau 4.A du CUPR.

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 elle produit également des débris ou des résidus qui sont laissés sur place et se décomposent. Le devenir du C séquestré dans la matière ligneuse transportée hors site est pris en compte dans le réservoir de PLR et la quantité est déclarée dans la catégorie des Produits ligneux récoltés, tandis que les émissions de C provenant des résidus se décomposant sur place sont déclarées dans la catégorie des Terres forestières. À cause des limites des tableaux actuels du CUPR, la quantité de C transférée du réservoir de C de la forêt au réservoir des PLR n'est pas déclarée dans le tableau 4.A du CUPR parce que cela entraînerait un calcul automatique des émissions de CO₂ dans la colonne de ce tableau intitulée « émissions/absorptions nettes de CO₂ », ce qui reviendrait à utiliser la méthode de l'oxydation instantanée pour les PLR. Pour des raisons de transparence, la quantité de C transférée est plutôt indiquée dans le tableau 4.G du CUPR comme un apport de C dans le réservoir des PLR utilisés sans la retirer des émissions déclarées dans la colonne « émissions/absorptions nettes des PLR utilisés » du tableau 4.G du CUPR. Il est donc important d'éviter d'interpréter les variations nettes des stocks de C dans la biomasse forestière vivante et les réservoirs de MOM, présentées dans l'actuel tableau 4.A du CUPR, comme les valeurs réelles de la variation des stocks de C, car les pertes de C de ces réservoirs n'y sont pas entièrement représentées. Des renseignements supplémentaires sur l'approche de modélisation des PLR du Canada sont présentés à l'Annexe 3.5.3.

Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant des sols organiques forestiers qui sont drainés sont déclarées dans le tableau 4(II) du CUPR. Elles sont calculées à l'aide des données sur les activités provenant d'une combinaison de documents historiques, de consultations et de statistiques provinciales ainsi que 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, consultez l'Annexe 3.5.2.4.

D'après les calculs des émissions directes et indirectes de N₂O des sols provenant des pertes nettes de COS dans les peuplements touchés par des facteurs anthropiques regroupés à l'échelle des unités de rapprochement (UR), les émissions potentielles de cette source peuvent être considérées comme insignifiantes conformément au paragraphe 37(b) des lignes directrices de déclaration de l'inventaire de la CCNUCC (Annexe I). Les émissions regroupées à l'échelle des UR variaient de 55 kt en 1990 à 0 kt au cours des dernières années, ce qui est bien en dessous du seuil de 0,05 % des émissions nationales totales de GES en excluant la contribution du secteur ATCATF et ne dépasse pas 500 kt.

6.3.1.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Estimations de l'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 itération, mais plutôt au moyen de plusieurs itérations distinctes dont les données de sortie sont par la suite assemblées. Pour chaque « projet », 100 itérations du modèle de Monte-Carlo sont exécutées à partir des données d'entrée des estimations des émissions 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 itérations du projet pour l'année en question. Des incertitudes estimatives distinctes sont obtenues pour chaque GES. Dans les années où aucune modification importante n'a été apportée, comme dans le présent rapport, aucune simulation Monte-Carlo n'a été exécutée (la plus récente simulation a été réalisée pour le rapport de 2021 et englobait toute la série chronologique de 1990 à 2019). Les intervalles de confiance de chaque catégorie pour le rapport de l'année en cours ont plutôt été obtenus par extrapolation.

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 centiles des résultats des itérations du modèle Monte-Carlo. La plage d'incertitude pour les estimations sur le CO₂ est de 77 Mt en 1990, de 81 Mt en 2005 et de 75 Mt en 2021 (Tableau 6–6). En moyenne, l'incertitude se situait à ±39 Mt de la valeur médiane annuelle obtenue par les itérations du modèle de Monte-Carlo sur toute la série chronologique. Les gaz autres que le CO₂ 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 l'Annexe 3.5.2.9, et 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 pour la catégorie Terres forestières.

Cohérence de la série chronologique

Toutes les estimations ont été calculées de manière uniforme. Cependant, les données disponibles de l'inventaire des forêts ne couvrent pas toutes les mêmes périodes pour l'ensemble du pays; l'Annexe 3.5.2.5 explique comment les données d'inventaires forestiers provenant de sources diverses ont été harmonisées pour fournir des données complètes, cohérentes et uniformes pour 1990 jusqu'à aujourd'hui.

Gaz	Année d'inventaire	Flux net (Mt)	2,5 ^e centile (Mt)	% d'incertitude ^a (2,5 ^e centile)	97,5 ^e centile (Mt)	% d'incertitude (97,5 ^e centile)
CO ₂	1990	-203	-270	33	-193	-5,2
	2005	-136	-189	39	-108	-21
	2021	-133	-182	36	-107	-20
CH ₄	1990	0,3	0,2	-37	0,4	31
	2005	0,5	0,4	-30	1,0	78
	2021	0,3	0,1	-49	0,6	158
N ₂ O	1990	0,1	0,1	-43	0,2	29
	2005	0,3	0,2	-34	0,5	80
	2021	0,1	0,1	-55	0,3	155

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 l'annexe 2.3 sont issues de l'erreur associée à l'erreur proportionnelle de 2021.

6.3.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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; et 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 recours à ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir la section 1.3, Chapitre 1) et a adopté des procédures propres à chaque catégorie pour les vérifications de Niveau 2 des estimations provenant de ses partenaires, de même que pour toutes les estimations et les données sur les activités compilées dans l'entrepôt de données du secteur ATCATF (Blondel, 2022) et ensuite saisies dans le logiciel CRF 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 au sol 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 pour chaque parcelle au sol. L'erreur moyenne dans les stocks totaux de l'écosystème (représentant la comparaison entre les prédictions du modèle et les mesures des parcelles au sol) était de 1 %, tandis que l'erreur dans les réservoirs de C de la biomasse aérienne, du bois mort, de la litière et des sols minéraux se chiffrait respectivement à 7,5 %, 30,8 %, 9,9 % et 8,4 %. La contribution des réservoirs de C de la biomasse aérienne et du bois mort à l'erreur dans le sous-total relatifs aux réservoirs de C de l'écosystème était faible, mais celle des sols était importante. 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 (8 % et 30 %, respectivement). Ces résultats pointent vers de fortes variations propres aux réservoirs, aux régions et aux espèces qu'il convient d'étudier plus amplement.

Dans le cadre des activités d'assurance de la qualité, la méthode utilisée dans le Rapport d'inventaire national (RIN) de 2017 pour l'estimation des absorptions et des émissions anthropiques a été examinée par un groupe international d'experts forestiers formé par ECCC, en octobre 2016. Le groupe d'experts 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 les plus importants qui ont été effectués dans cette catégorie l'ont été en raison i) des corrections apportées aux données sur les activités de 2020 relatives aux insectes, ii) des corrections apportées aux valeurs estimatives de la Colombie-Britannique relatives aux objectifs en matière de brûlage à plat et les lieux de récolte de bois de chauffage; et iii) des révisions des données sur les activités relatives à l'exploitation forestière reposant sur les données provinciales fournies à la BDNF et des mises à jour aux données sur les activités relatives à la bioénergie.

D'autres recalculs moins importants ont été faits pour la catégorie des Terres forestières afin de tenir compte i) de la mise en place d'un délai de régénération pour une partie des peuplements forestiers ayant subi des perturbations naturelles, d'après des observations par satellites; ii) de la prise en compte des stocks de C avant plantation dans l'estimation de la teneur initiale en C dans les sites de boisement récent; iii) de l'ajout des zones déboisées et submergées associées à un grand projet d'hydroélectricité au Québec; iv) de la révision de la résolution temporelle des suppositions sur les types de forêt avant une perturbation de déboisement; et v) des mises à jour rétroactives des statistiques sur les superficies brûlées dans plusieurs écozones.

L'effet combiné de ces changements sur les estimations déclarées a donné lieu à une augmentation des absorptions nettes de 1,6 Mt (+0,8 %) en 1990, de 1,2 Mt (+0,9 %) en 2005 et de 0,8 Mt (+0,6 %) en 2020 (voir la Figure 6–4).

Mises à jour des données sur les activités

Les données sur les activités de la foresterie industrielle ont été mises à jour pour la période 2015 à 2020 à partir de données de la BDNF, même les cibles d'activités pour 2021 sont supposées identiques à celles de 2020. Parmi les modifications apportées, notons des corrections aux cibles relatives à la combustion des résidus d'abattage en Colombie-Britannique pour toute la série chronologique et des mises à jour aux cibles relatives au brûlage dirigé en Ontario en 2016 et en 2017.

Les mises à jour des données sur les activités relatives aux insectes comprennent une correction à la zone perturbée en 2020 par la tordeuse des bourgeons de l'épinette en Alberta et d'autres mises à jour mineures au Québec et dans les Territoires du Nord-Ouest ayant un effet combiné de -1,5 Mt sur les valeurs estimatives des Terres forestières en 2020.

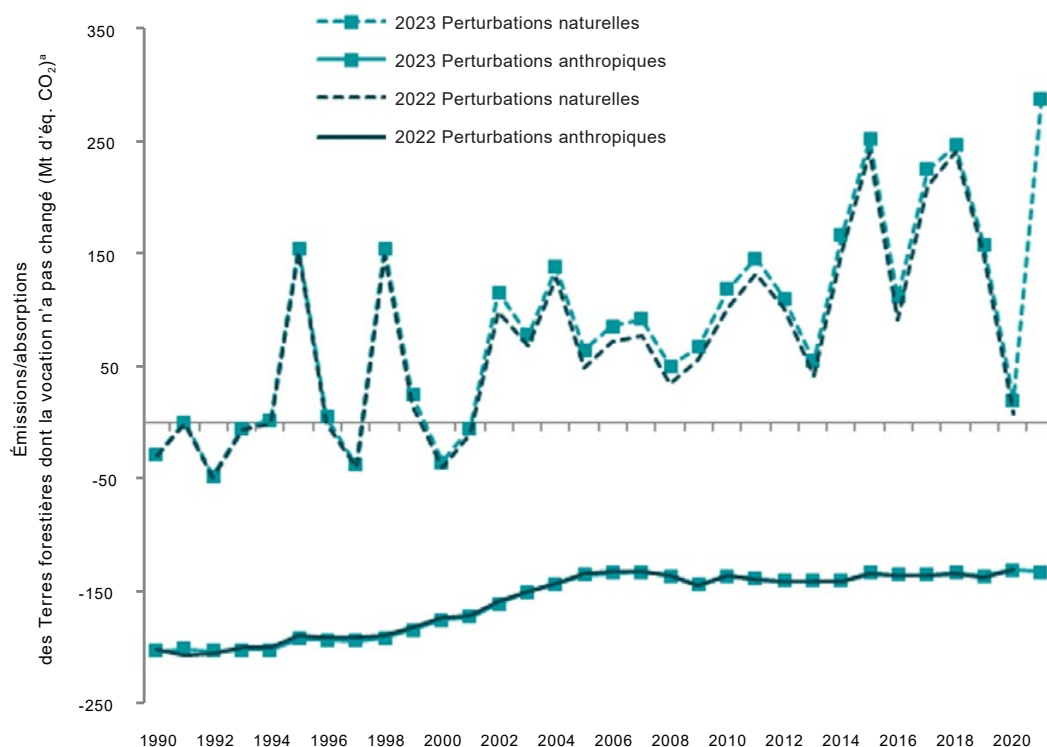
Les données sur la consommation résidentielle de bioénergie pour les années 2019 et 2020 ont été révisées d'après l'extrapolation appliquée depuis le plus récent point de données de 2019 de l'Enquête sur les ménages et l'environnement de Statistique Canada. Une amélioration apportée aux données sur les activités relatives à la biomasse ligneuse de la série chronologique a eu une incidence dans la période s'échelonnant de 1995 à 2016 (pour des précisions, veuillez consulter les sections 6.4.5 et 6.5.1.3). Les changements apportés aux données sur les activités associées à la consommation industrielle de liqueurs résiduelles et de déchets solides de bois à des fins bioénergétiques comprennent des modifications rétroactives pour 2019 et l'ajout de nouvelles données sur les activités pour 2020 (voir la section 6.4.5).

La mise à jour des données sur les activités relatives au déboisement comprend l'ajout de zones déboisées et submergées associées à un grand projet d'hydroélectricité au Québec (voir la section 6.9.5).

Amélioration continue

Il est présumé que la repousse des forêts sur les sites affectés par des perturbations naturelles commence à partir de l'âge 0 sur la courbe de rendement avant perturbation et maintient les taux de croissance selon cette courbe de rendement jusqu'à ce qu'elle atteigne une régénération complète ou jusqu'à ce qu'elle subisse de nouvelles perturbations. Pour ce rapport, une première approximation des valeurs de délai de régénération moyen régional (au niveau de l'UR) a été développée par une analyse de télédétection (White et al., 2017 ; White et al., 2022) et appliquée à 25 % de la superficie brûlée par feux de forêt chaque année. Ces nouveaux produits de télédétection à l'échelle nationale fournissent une première estimation des délais de régénération, mais il est prévu que des améliorations des suppositions de régénération post-incendie par défaut soient apportées dans les rapports futurs à mesure que les méthodes et les données s'améliorent (voir plus de détails à l'Annexe 3.5.2.2 et dans Hafer et al., 2022).

Figure 6-4 Résultats des Recalculs pour les Terres forestières dont la vocation n'a pas changé



Note :

a. Ne comprend pas les émissions indirectes de CO₂.

Les estimations du déboisement ont subi des révisions à la suite d'un examen des suppositions liées au type de forêt avant le déboisement. Auparavant, les superficies déboisées chaque année étaient classées dans l'une des catégories de « pré-types » forestiers (jeunes, vieux feuillus, vieux bois mixtes et vieux résineux). Ces proportions de pré-types forestiers spécifiques par région modélisées par le MBC-SFC3 ont été considérées comme statiques. L'amélioration mise en œuvre dans ce rapport utilise des détails temporels supplémentaires en permettant aux proportions de pré-type de varier avec le temps en fonction des observations annuelles réelles.

Pour l'année 2021, les estimations initiales associées aux activités de reboisement très récentes au Canada ont été préparées en utilisant une hypothèse simplificatrice selon laquelle tous les événements de reboisement se produisent sur des forêts précédemment brûlées avec un délai de régénération (voir plus de détails à l'Annexe 3.5.2.3 et Hafer et al., 2022).

6.3.1.6. Améliorations prévues

En général, parmi les améliorations prévues figurent : i) des mises à jour aux données de base (données, processus et paramètres) telles que les données sur les incendies, les activités de caractérisation de l'origine des peuplements, ainsi que des révisions continues de certains paramètres du modèle MBC-SFC3; et ii) des améliorations aux données scientifiques comme les révisions aux émissions estimatives des incendies de forêt apportées en fonction de l'intensité variable de l'incendie et des nouveaux paramètres étalonnés de modélisation du C des sols et de la matière organique morte. 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 façon dont les différentes composantes contribuent à la courbe de distribution asymétrique des estimations de l'incertitude relative aux flux nets.

Plusieurs améliorations sont prévues à la catégorie de Terres forestières dans le prochain rapport d'inventaire en 2024, les détails sur les modifications les plus importantes et les incidences prévues sont présentés ci-dessous.

Pour une description des améliorations additionnelles prévues à la catégorie des Terres forestières, veuillez consulter la section 8.3.1 et le Tableau 8-5 du Chapitre 8.

Aperçu des améliorations prévues pour le prochain rapport d'inventaire en 2024

D'importantes modifications sont apportées au cadre des données sur lequel repose le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF)¹⁰. Plus particulièrement, une révision des terres récoltées, entamée en 2018, est sur le point de s'achever. Ainsi, des données nouvelles et mises à jour sur les anciennes superficies récoltées au Canada (1890 à 1989) seront bientôt prêtes pour leur mise en application dans le prochain rapport en 2024 après la rédaction et la publication d'un document révisé par les pairs.

Les anciennes superficies récoltées sont un élément essentiel de l'évaluation de la superficie des terres qui est déclarée comme anthropique dans l'approche de déclaration au Canada et, par conséquent, des émissions et des absorptions qui sont déclarées dans la catégorie des Terres forestières. Ces données révisées relatives aux anciennes superficies récoltées ont été compilées pour cinq provinces (Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Ontario et Québec). Pour ce qui est des autres provinces et des territoires, les suppositions actuelles sont i) soit que les données sont considérées comme appropriées (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard et Terre-Neuve-et-Labrador), ii) soit qu'il y a eu très peu de récoltes avant 1990 (Yukon et Territoires du Nord-Ouest), iii) soit qu'aucune autre donnée n'a été trouvée (Manitoba).

L'application de ce changement devrait réduire la superficie des forêts aménagées comprise dans la composante des perturbations anthropiques. La réduction de la superficie dans la composante des perturbations anthropiques pourrait correspondre à une augmentation de la superficie dans la composante des perturbations naturelles, représentative des terres ayant subi des perturbations naturelles plus récentes et ayant été laissées se régénérer naturellement. Ces réductions de la superficie des anciennes terres récoltées devraient se traduire par un transfert correspondant des absorptions de la composante des perturbations anthropiques vers la composante des perturbations naturelles.

Les catégories des Terres forestières et des Produits ligneux récoltés comprennent, ensemble, les flux de GES entre l'atmosphère et les forêts aménagées du Canada et les émissions des PLR découlant de la récolte au pays. La mise à jour proposée entraînera d'importantes réductions des absorptions de C déclarées pour les forêts aménagées du Canada et, par conséquent, lorsque les émissions brutes des PLR seraient ajoutées, le bilan net déclaré, lié à des activités anthropiques, devrait devenir une source nette pour toutes les années de la série chronologique.

6.3.2. Terres converties en terres forestières (catégorie 4.A.2 du CUPR)

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 26 kha en 2021. Étant donné que ces données sur les activités après 2008 ne sont que pour l'Ontario et que pour les activités de boisement récentes en 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 76 % 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) et seulement 13 % dans les Prairies (zones de déclaration Bouclier boréal ouest, Plaines boréales et Prairies subhumides), et le reste, 11 %, étant 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 1,1 Mt en 1990 à 0,2 Mt en 2021. L'accumulation nette de C est observée principalement dans la biomasse vivante (34 Gg C en 2021; tableau 4.A du CUPR). 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 dans son ensemble ne devrait pas contribuer de manière significative au bilan net de GES de la catégorie des Terres forestières. Il faut également souligner que, lorsqu'on tient compte de ces tendances, les données de cette analyse ne sont pas exhaustives.

¹⁰ Système canadien de déclaration du carbone forestier : <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/comptabilisation-carbone-forestier/13088>.

6.3.2.2. Questions de méthodologie

Dans l'Étude de faisabilité du boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMP) du gouvernement du Canada, les données sur le boisement pour la période 1990–2002 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 1970–1989 et 2003–2008 ont été estimées en fonction des taux d'activité observés dans les données de l'EFBMP, complétés par des données de l'Évaluation de la démonstration de plantations de Forêt 2020 (RNCAN, 2005b). 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 pour les années 2007 à 2016 obtenues grâce à une entente de partage de données avec Forests Ontario afin d'avoir accès à leur base de données sur les activités de plantation d'arbres.

Pour l'année 2021, les premières estimations associées aux activités de boisement très récentes au Canada ont été préparées à l'aide d'une méthode élaborée pour tenir compte des stocks de C avant plantation dans l'estimation de la teneur initiale en C pour les nouveaux sites de boisement (consulter l'Annexe A3.5.2.7 et 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 l'Annexe 3.5.2.1. Les fluctuations des stocks de C dans le sol sont hautement incertaines, en raison des difficultés liées à l'obtention de données avant la plantation. Il est présumé que les écosystèmes accumuleraient généralement 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'impact de ce degré d'incertitude, s'il existe, est minime.

6.3.2.3. 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. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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 conservant ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir la section 1.3, Chapitre 1), a adopté des procédures particulières pour les estimations provenant de ses partenaires, de même que pour toutes les estimations et les données sur les activités provenant de l'entrepôt de données ATCATF (Blondel, 2022), et saisies ensuite dans le logiciel CRF Reporter.

6.3.2.5. Recalculs

De très petits recalculs ont été effectués dans cette catégorie de déclaration, en raison de l'ajout de 802 hectares boisés par Forests Ontario en 2017 ayant maintenant réussi l'épreuve de survie à 5 ans. Ce changement a causé un recalcul à la baisse des absorptions nettes de 0,2 kt (-0,1 %) en 2020.

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 disponibles.

6.4. Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)

6.4.1. Description de la catégorie de source

Les émissions de la catégorie des Produits ligneux récoltés sont déclarées à l'aide de l'approche de décomposition simple décrite à l'annexe du Volume 4, Chapitre 12, des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (ci-après appelées Lignes directrices 2006 du GIEC) (GIEC, 2006). Cette approche est semblable à l'approche de production, mais en diffère en ce sens que le réservoir de PLR est traité comme étant un transfert de C lié à la récolte de bois et, par conséquent, elle ne suppose pas l'oxydation instantanée du bois au cours de l'année de récolte (de plus amples informations se trouvent à l'Annexe 3.5.3).

Les émissions associées à cette catégorie résultent de l'utilisation et de l'élimination des PLR qui sont fabriqués à partir de bois obtenus d'activités d'exploitation forestière, de récolte de bois de chauffage résidentiel dans les forêts et d'autres terres boisées et de conversion des forêts au Canada et qui sont consommés soit au pays, soit à l'étranger. Les produits éliminés au terme de leur vie utile sont considérés comme étant immédiatement oxydés.

Les émissions de cette source sont influencées par les taux de récolte actuels et la production de produits de courte durée de vie et de déchets ligneux ainsi que par les taux de production antérieurs de produits ligneux de durée de vie plus longue. Les émissions ont fluctué entre un creux de 130 Mt en 2009 (plus faible année de récolte) et un sommet de 150 Mt en 1995. En 2021, la catégorie des Produits ligneux récoltés était responsable des émissions totales de 130 Mt, soit de 3,2 Mt de moins que celles de 1990 et de 20 Mt de moins que celles de 2005 (Tableau 6–7).

Les émissions de la catégorie Produits ligneux récoltés sont inextricablement liées aux émissions/absorptions déclarées dans la catégorie Terres forestières : la somme des émissions/absorptions nettes déclarées dans la catégorie des Terres forestières et des émissions déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés constitue une estimation des émissions/absorptions nettes totales déclarées dans les forêts aménagées (Figure 6–2).

Tableau 6–7 Stocks de carbone dans le réservoir des produits ligneux récoltés et émissions découlant de l'utilisation et de l'élimination de ces produits

Sous-catégories de source / Produits de base	Affectation des terres	1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Stocks de carbone (kt C)^a									
Apports		46 000	56 000	45 000	44 000	45 000	40 000	40 000	40 000
Récolte conventionnelle ^b	Terres forestières	40 000	51 000	40 000	39 000	40 000	36 000	36 000	36 000
Conversion de forêts ^b	Terres cultivées	1 200	430	500	540	520	510	530	570
	Terres humides	1,8	5,8	35	18	0,3	3,2	3,4	3,6
	Établissements	620	680	750	750	660	670	680	660
Bois de chauffage résidentiel ^c	Terres forestières	4 200	3 100	3 700	3 700	3 500	3 200	2 900	2 800
	Terres cultivées	230	130	160	210	190	150	140	140
	Établissements	82	83	84	84	84	84	84	84
Exportations		19 000	31 000	23 000	22 000	21 000	20 000	20 000	20 000
Stocks nets^d		330 000	520 000	590 000	600 000	600 000	610 000	610 000	620 000
Émissions (kt CO₂)^a		130 000	150 000	140 000	140 000	140 000	130 000	130 000	130 000
Récolte nationale		88 000	75 000	72 000	72 000	76 000	68 000	66 000	66 000
Bois massif – Bois scié		5 500	7 800	9 500	9 600	9 800	9 900	10 000	10 000
Bois massif – Panneaux de bois		2 700	3 300	4 100	4 100	4 200	4 300	4 400	4 500
Autres produits de bois massif		920	1 900	2 200	2 200	2 200	2 200	2 200	2 200
Pâtes et papiers commerciaux		8 300	740	3 200	3 400	3 300	3 000	2 800	2 700
Bois de chauffage – Résidentiel et industriel		52 000	59 000	50 000	50 000	54 000	47 000	45 000	45 000
Résidus de transformation du bois		19 000	1 700	2 800	2 600	1 800	1 200	1 700	1 700
Échelle mondiale, issues de la récolte canadienne		42 000	73 000	65 000	64 000	64 000	63 000	62 000	62 000
Bois massif – Bois scié		9 900	16 000	19 000	19 000	19 000	19 000	20 000	20 000
Bois massif – Panneaux de bois		780	4 300	5 700	5 800	6 000	6 100	6 200	6 300
Autres produits de bois massif		52	51	60	62	64	65	66	67
Pâtes et papiers commerciaux		31 000	51 000	38 000	37 000	36 000	35 000	34 000	34 000
Résidus de transformation du bois ^e		460	2 100	2 600	2 400	2 100	1 900	1 900	1 900

Notes :

I = Inexistant

a. Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. Le protocole d'arrondissement est décrit à l'Annexe 8.

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 du CUPR 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 du CUPR, 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 intrants 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, 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 surveiller et quantifier le devenir du C hors site, ailleurs qu'au point de récolte en forêt, de conversion des forêts ou de récolte de bois de chauffage. Ce modèle permet un suivi des sous-réservoirs de PLR et des flux de C entre les sous-réservoirs, pendant tout le cycle de vie des produits ligneux (fabrication, utilisation, commerce et élimination).

Plus concrètement, le modèle des PLR prend la production de C résultant de la récolte du bois, il en exporte une partie comme bois rond, il convertit tout le bois récolté en produits, il exporte une partie des produits fabriqués et il fait un suivi des quantités de C ajoutées aux PLR ou qui sont prélevées des PLR utilisés ou servant à la production de bioénergie.

Les intrants du modèle (voir le Tableau 6–7) comprennent : i) la masse annuelle de C résultant de la récolte contemporaine classique¹² 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) transférée du modèle MBC-SFC3 (voir la section 6.3.1.2), et 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 utilisée pour la bioénergie résidentielle (Tableau 6–7). L'apport de C provenant des récoltes du passé est calculé à partir de données de Statistique Canada sur la production ancienne des produits de base, à une résolution spatiale d'échelle nationale, pour la période s'étendant de 1900 à 1989.

Les données sur le volume annuel de bois de chauffage résidentiel et industriel sont fournies par le secteur de l'énergie. 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), et les données de consommation de granules et de bûches fabriquées des 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 BDNF¹³ et les données sur la consommation industrielle de bois de chauffage sont tirées du *Bulletin sur la disponibilité et l'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, veuillez consulter les Annexes 3.1 (sources de données) et 3.5.3.

La tendance des émissions issues de l'élimination des PLR est le résultat de la combinaison des données sur la production passée de produits de base et de celles de la durée du cycle de vie des divers produits de base (Tableau 6–7). L'incidence de tout changement important dans les taux de récolte, ou dans l'amalgame de produits de base est donc réévaluée sur plusieurs années et décennies subséquentes, à mesure que les produits de base cessent graduellement d'être utilisés.

Le tableau 4.G du CUPR présente les données sur les activités et les estimations annuelles des apports de C, les modifications aux 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 :

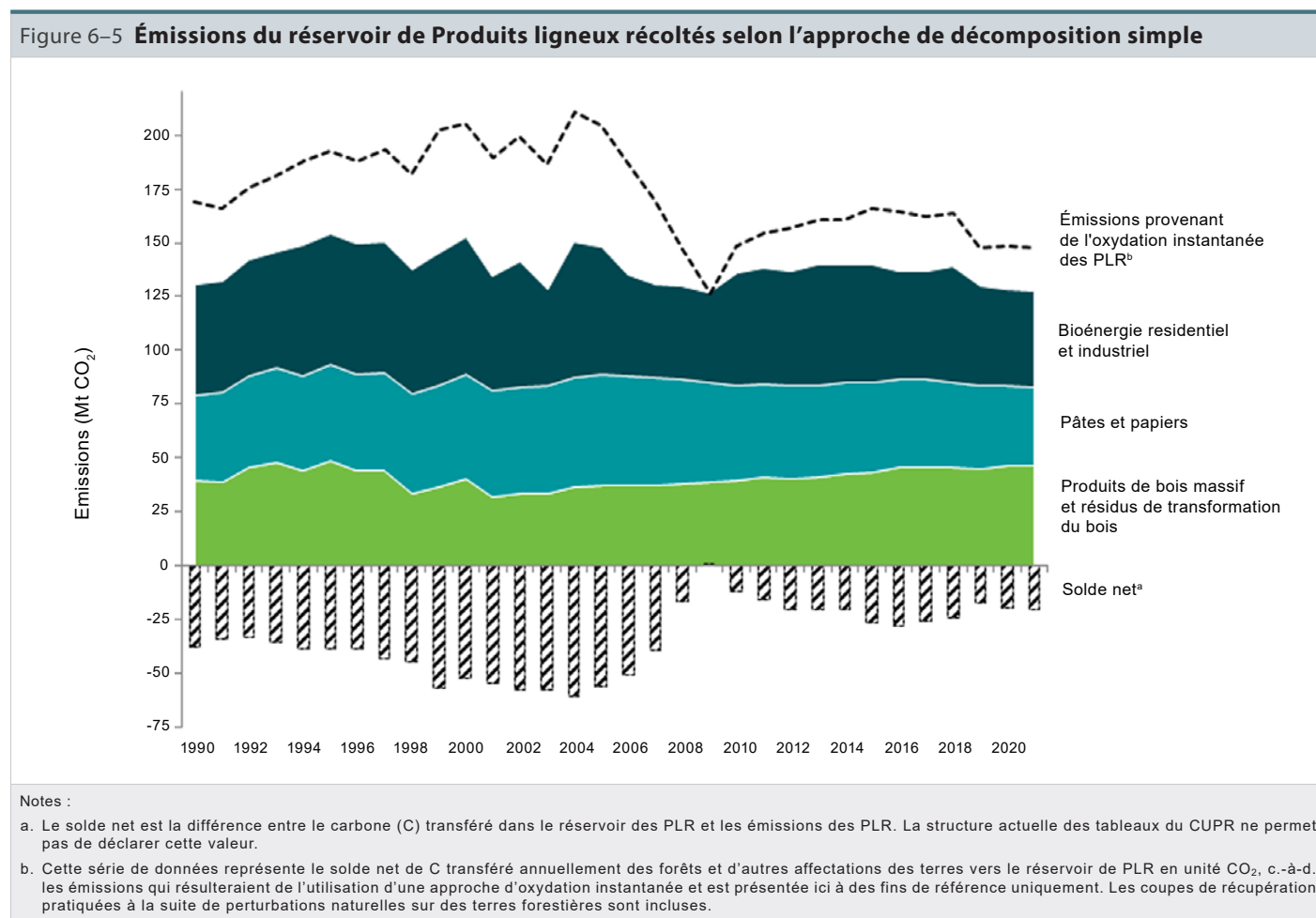
- **La colonne B (gains)** : correspond aux apports de C associés au C transféré de toute catégorie de terres productrices de bois (p. ex., Terres forestières) vers les réservoirs de PLR utilisés au pays et exportés. Ces apports en C représenteraient des pertes dans les tableaux 4.A à 4.F du CUPR si l'on utilisait une approche de déclaration autre que l'approche de décomposition simple. Ces apports sont présentés dans le tableau par souci d'exhaustivité et de transparence.
- **La colonne C (pertes)** : correspond aux pertes de C provenant de la combustion de bois de chauffage et de l'oxydation de déchets de sciage, calculées à l'aide de l'équation de l'approche de décomposition 12.1 du Chapitre 12 du volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les PLR ayant des demi-vies plus longues.
- **La colonne E (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 F (émissions/absorptions nettes attribuables aux PLR utilisés, CO₂)** : les valeurs figurant dans cette colonne correspondent aux émissions de CO₂ associées aux pertes de C figurant dans la colonne C. Les gains de C figurant dans la colonne B ne sont pas pris en compte dans les calculs de cette colonne afin d'éviter la double comptabilisation des absorptions, puisque les émissions découlant de l'oxydation instantanée du bois récolté ne sont pas déclarées dans les tableaux 4.A à 4.F du CUPR.

11 Système canadien de déclaration du carbone forestier : <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/comptabilisation-carbone-forestier/13088>.

12 La récolte contemporaine désigne les activités de récoltes pratiquées depuis 1990.

13 Base de données nationale sur les forêts, disponible en ligne à l'adresse <http://nfdp.ccfm.org/fr/data/harvest.php>.

Pour la période 1990–2007, les émissions résultant de l'inclusion du réservoir des PLR (aires empilées dans la Figure 6–5) sont considérablement inférieures à celles que donnerait l'application d'une approche d'oxydation instantanée (ligne pointillée dans la Figure 6–5), comme c'était le cas pour les rapports antérieurs à 2015, avec des écarts (barres dans la Figure 6–5) qui varient de -34 Mt en 1992 à -61 Mt en 2004 (année de récolte la plus élevée). Ces écarts marqués surviennent parce que la quantité de C du bois prélevé des forêts durant l'année de déclaration était de loin supérieure à celle du C transféré dans le réservoir de PLR au cours des dernières années, avec un taux de récolte plus faible, et à celle de C dans les produits à longue durée de vie qui ont été éliminés durant l'année de déclaration. Après 2007, bien que les taux de récolte aient été inférieurs, notamment en 2009, les émissions des PLR sont demeurées plus élevées que les émissions estimatives obtenues par l'approche d'oxydation instantanée découlant des taux de récolte supérieurs des années précédentes, qui ont continué de contribuer aux émissions estimées durant l'année de déclaration.



6.4.3. Incertitudes et cohérence de la série chronologique

Dans l'évaluation du degré d'incertitude associé à la catégorie des Produits ligneux récoltés, les paramètres du modèle pour les simulations de Monte-Carlo ont été variés de même que pour deux simulations supplémentaires réalisées à l'aide des données d'entrée minimales et maximales des niveaux de PLR résultant 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 anciens (récolte avant 1990), les intrants contemporains (récolte depuis 1990) et cinq paramètres d'affectation liés à la bioénergie. Dans les années où aucun changement important n'était apporté, comme cette année, aucune simulation de Monte-Carlo n'est réalisée (la plus récente simulation remonte au rapport de 2021 et englobait la série chronologique entière de 1990 à 2019). Dans le présent rapport, les intervalles de confiance de chaque catégorie ont plutôt été obtenus par extrapolation. Pour des précisions, veuillez consulter l'Annexe 3.5.3.

Tableau 6–8 **Estimations des émissions de CO₂ provenant des produits ligneux récoltés, et aux 2,5^e et aux 97,5^e centiles, pour certaines années**

Année d'inventaire	Source d'apports de C	Émissions (Mt CO ₂)	2,5 ^e centile (Mt)	% d'incertitude (2,5 ^e centile)	97,5 ^e centile (Mt)	% d'incertitude (97,5 ^e centile)
1990	Récolte conventionnelle – depuis 1990	59	42	-28	70	19
	Conversion de forêts – depuis 1990	2,6	1,7	-34	3,2	21
	Récolte de bois de chauffage résidentiel	16	16	-3,4	17	3,6
	Récolte historique – avant 1990	53	41	-24	67	25
2005	Récolte conventionnelle – depuis 1990	118	101	-14	129	10
	Conversion de forêts – depuis 1990	2,8	2,0	-28	3,3	17
	Récolte de bois de chauffage résidentiel	12	11	-3,8	12	4,2
	Récolte historique – avant 1990	15	12	-24	20	33
2021	Récolte conventionnelle – depuis 1990	103	95	-7,2	108	5,0
	Conversion de forêts – depuis 1990	3,3	2,4	-25	3,6	10
	Récolte de bois de chauffage résidentiel	11	10	-5,1	11	5,0
	Récolte historique – avant 1990	11	8,1	-23	12	14

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

Environnement et Changement climatique Canada, tout en tenant à jour ses procédures d'AQ/CQ pour les estimations réalisées à l'interne (veuillez consulter la section 1.3), a mis en place des procédures pour vérifier les estimations obtenues de détenteurs de données, ainsi que toutes les estimations et les données sur les activités compilées dans l'entrepôt de données ATCATF (Blondel, 2022) et saisies ensuite dans le logiciel CRF Reporter du CUPR.

6.4.5. Recalculs

Des recalculs ont été effectués pour la catégorie des Produits ligneux récoltés en raison : i) de la mise à jour des données sur les activités en foresterie industrielle de la BDNF¹⁴, ii) de la mise à jour des 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, iii) de la mise à jour des données sur la consommation résidentielle et industrielle de bioénergie de 2019 à 2021, iv) de la mise à jour des données sur les activités d'incinération des déchets et v) d'améliorations apportées à la série chronologique des données sur les activités associées à la biomasse ligneuse provenant des terres agricoles et utilisées comme bioénergie résidentielle (voir la section 6.5.1.3) et vi) d'améliorations et de mises à jour des données sur le déboisement (voir la section 6.9.5).

Ces changements combinés ont eu pour effet une légère révision à la baisse des recalculs des émissions totales de cette catégorie de 0,01 Mt pour 1990 et de 0,1 Mt pour 2005, et un recalcul à la hausse de 0,5 Mt (+0,4 %) pour 2020.

6.4.6. Améliorations prévues

Des améliorations sont prévues pour renforcer l'analyse de l'incertitude des estimations de la catégorie des Produits ligneux récoltés en tenant compte de l'incertitude intrinsèque des intrants de C.

En outre, des recherches sont en cours pour établir les demi-vies propres au pays pour une partie importante de la production canadienne de PLR, qui tiennent compte des durées de résidence des PLR dans les logements bien plus longues que les valeurs par défaut du GIEC, pour mettre au point des coefficients d'émission plus précis pour la combustion résidentielle de biomasse et pour accroître nos connaissances relatives à la chaîne industrielle de la bioénergie (l'origine du bois) et mieux caractériser la matière première qu'est le bois comme bois de chauffage dans le secteur industriel. D'autres projets de recherche se poursuivent pour améliorer la différenciation régionale de la production et du commerce de PLR de sorte que les résumés provinciaux et territoriaux puissent représenter plus exactement les conditions régionales.

Pour des précisions, veuillez consulter la section 6.3.1.6 ainsi que la section 8.3.1 et le Tableau 8–5 du Chapitre 8.

14 Base de données nationale sur les forêts : <http://nfdp.ccfm.org/fr/index.php>.

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>.

6.5. Terres cultivées (catégorie 4.B du CUPR)

Les terres cultivées couvrent environ 46 Mha du territoire canadien. En 2021, le bilan net des GES dans cette catégorie correspondait à des absorptions nettes de 18 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 21 Mt en 2021) et en Terres (c.-à-d. soit en Terres forestières soit en Prairies) converties en terres cultivées (émissions nettes de 3,4 Mt et de 0,01 Mt, respectivement, en 2021). Les estimations des Terres converties en terres cultivées englobent les émissions et les absorptions nettes de CO₂, ainsi que les émissions de N₂O et de CH₄.

6.5.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.B.1 du CUPR)

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.

La sous-catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé comprend les émissions/absorptions de CO₂ des sols minéraux, les émissions de CO₂ résultant de la culture des sols organiques et les émissions/absorptions de CO₂ 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. Une méthode de Niveau 2 améliorée est utilisée pour estimer les émissions de CO₂ des sols minéraux et les absorptions de CO₂ par ces sols, qui varient en raison d'une modification des pratiques de travail du sol et de la conversion des cultures pérennes aux cultures annuelles par superficie. Depuis le rapport de 2022, la méthode d'état d'équilibre de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2019; Thiagarajan et al., 2022) sert également à estimer le stockage du C du sol qui varie en fonction de la productivité des cultures et des apports de C des résidus de cultures aux sols, méthode fondée sur les estimations du rendement. Par conséquent, l'inclusion explicite de coefficients relatifs à la superficie mise en jachère est éliminée en tant que facteur distinct des fluctuations du C du sol des terres cultivées. Les absorptions de CO₂ associées aux augmentations de l'apport de C aux sols résultant de la réduction de la superficie des terres en jachère sont estimées d'après les variations du rendement exclusivement, pour éviter la double comptabilisation, puisque les estimations régionales de la fluctuation du rendement comprennent, intrinsèquement, la réduction de la superficie 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. Émissions et absorptions de CO₂ par les sols minéraux

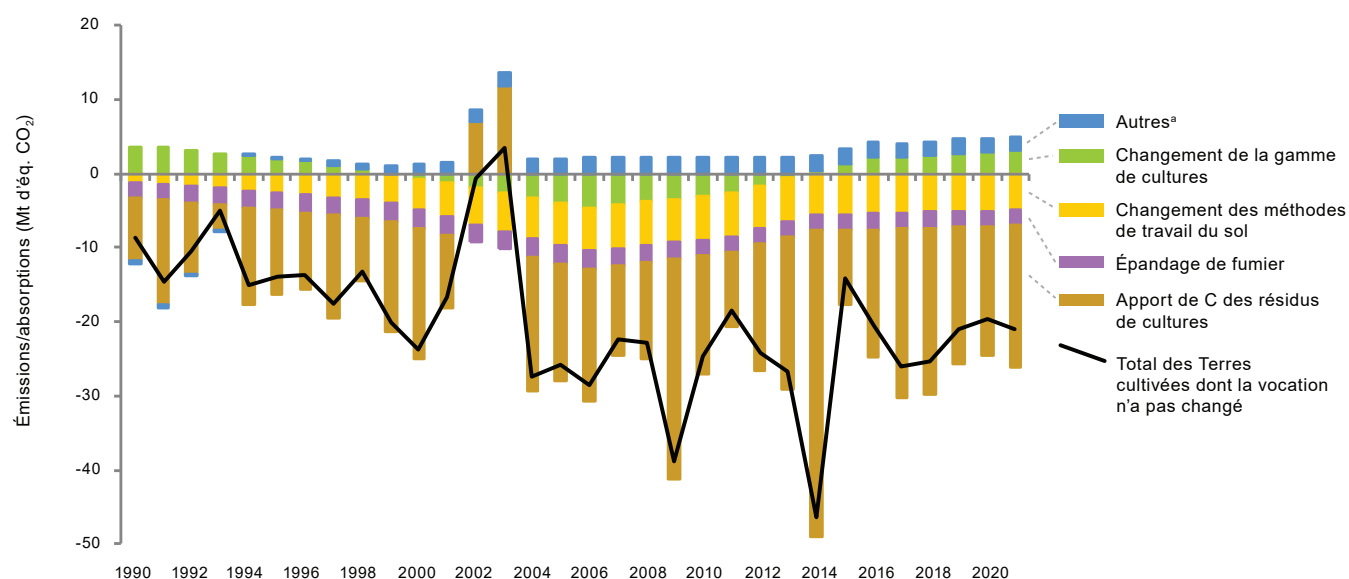
La grande majorité des terres cultivées (près de 100 %) est constituée de sols minéraux. La quantité de C organique retenue dans le sol est fonction de la production végétale et du taux de décomposition du COS. Les méthodes de travail du sol et d'aménagement peuvent entraîner une hausse ou une baisse de la quantité de C organique stockée dans les sols. Cette fluctuation du COS entraîne des émissions de CO₂ dans l'atmosphère ou des absorptions.

En 1990, les changements apportés aux pratiques d'aménagement des sols minéraux ont représenté une absorption nette de CO₂ de 8,5 Mt (Tableau 6–9). L'absorption de CO₂ par les sols a augmenté de 26 Mt en 2005 et a ensuite diminué à 21 Mt en 2021. Depuis 1990, en moyenne, les rendements des principales grandes cultures ont augmenté de 23 % pour l'orge, de 82 % pour le canola, de 41 % pour le maïs, de 72 % pour le seigle de printemps et de 36 % pour le blé de printemps. Cette augmentation du rendement des cultures, qui a été prise en compte dans les apports de C aux sols par les résidus de cultures, s'est traduite par des absorptions nettes de CO₂ par les sols de 8,4 Mt en 1990, de 16 Mt en 2005 et de 19 Mt en 2021. La variabilité interannuelle était élevée dans l'ensemble de la série chronologique, correspondant aux effets des conditions météorologiques sur la production agricole (Figure 6–6).

La superficie des terres soumises à un travail de conservation du sol a connu une augmentation importante, passant de 11 Mha en 1990 à 28 Mha en 2021, et cette tendance à la hausse rend compte des absorptions de CO₂ par les sols de 1,3 Mt en 1990, de 5,6 Mt en 2005 et de 4,9 Mt en 2021 (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 3,7 Mt d'émissions nettes en 1990 et 4,0 Mt d'absorptions nettes en 2005.

Par contre, 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 CO₂ par les sols variant de 2,0 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 reculé d'environ 7,6 Mt, 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.

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 et à la culture des histosols, ainsi que les émissions résiduelles associées à la conversion des terres.

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 CO ₂) ^a							
			1990	2005	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Total des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé			-8 500	-26 000	-21 000	-26 000	-25 000	-21 000	-20 000	-21 000
Culture des histosols			300	300	300	300	300	300	300	300
Cultures ligneuses pérennes			-1 000	38	-5,8	- 260	- 160	-29	-10	10
Total – sols minéraux			-7 800	-26 000	-21 000	-26 000	-26 000	-21 000	-20 000	-21 000
Changement de la gamme de cultures	Hausse des cultures pérennes		-3 600	-13 000	-11 000	-11 000	-11 000	-11 000	-10 000	-10 000
	Hausse des cultures annuelles		7 300	8 600	14 000	13 000	13 000	13 000	13 000	13 000
Changement des méthodes de travail du sol	Classique à réduit		- 870	-1 000	-720	-700	-670	-650	-620	-600
	Classique à sans labour		-420	-3 700	-3 700	-3 600	-3 600	-3 500	-3 500	-3 500
	Autre ^b		-0,4	-850	- 990	- 960	- 940	-910	-890	-860
Apport de C des résidus de cultures			-8 400	-16 000	-17 000	-23 000	-23 000	-18 000	-17 000	-19 000
Épandage de fumier			-2 100	-2 500	-2 200	-2 100	-2 100	-2 100	-2 100	-2 100
Conversion des terres – Émissions résiduelles ^c			200	1 700	1 800	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700

Notes :

a. Le signe négatif indique une absorption de CO₂ 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 CO₂ 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.

Questions de méthodologie

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, 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*. Un certain nombre de 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 d'oxyde de diazote 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 CO₂ 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
- l'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 d'oxyde de diazote dans le chapitre 5. Les calculs ont été effectués à l'échelle des polygones des pédopaysages du Canada (PPC) (voir l'Annexe 3.5.1). Les coefficients d'émission/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'impact 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 champ agricole. Le présent inventaire repose principalement sur le *Recensement de l'agriculture* pour estimer la superficie des CAT (par exemple, variations des méthodes de travail du sol et 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 que possible de la superficie brute de CAT 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 combinés 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 (par exemple la conversion des cultures annuelles en cultures pérennes) sont l'opposé des effets sur le C du CAT dans le sens opposé (par exemple 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 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). Par conséquent, le coefficient fondé sur la superficie utilisé pour la jachère a entraîné une sous-estimation des variations du COS associées aux fluctuations de l'apport de C aux sols. 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 de 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. Faute de données empiriques pour estimer le facteur de rétention, nous avons jugé que l'épandage de fumier dans les systèmes de cultures pérennes n'a pas d'effet net sur le C du sol.

Une description plus détaillée des méthodes employées pour calculer les coefficients de variation du C et d'autres paramètres clés se trouvent à l'Annexe 3.5.4.1.

Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude est estimée à l'aide d'une méthode de Niveau 1. Pour l'estimation des incertitudes associées aux émissions et aux absorptions de CO₂, il faut tenir 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 [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 associée 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 des jachères, 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. L'Annexe 3.5.4 présente des détails sur le processus d'estimation et les incertitudes situationnelles. Les estimations de l'incertitude associée aux émissions et aux absorptions de CO₂ par les sols minéraux ont été élaborées 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'incorporation 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 CO₂ est assurée par l'emploi de la même méthodologie sur l'ensemble de la série chronologique.

Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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, même s'il conserve ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir la section 1.3, Chapitre 1), en a adopté de nouvelles pour les estimations provenant de ses partenaires, de même que pour toutes les estimations et les données sur les activités provenant de son entrepôt de données ATCATF (Blondel, 2022), et saisies ensuite dans le logiciel CRF 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'assurance de la qualité 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 a été mentionnée.

Les coefficients de variation du C pour les CAT utilisés dans l'inventaire ont été comparés aux coefficients empiriques de VandenBygaert et al. (2008). Cette comparaison montre que les données empiriques sur les changements des quantités de C dans les sols 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, selon les pratiques de travail du sol appliquées aux sols agricoles au

Canada, et ont indiqué 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 $0,59 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, ce qui se compare favorablement à la fourchette de $0,46$ à $0,56 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ 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 (selon la comparaison des valeurs empiriques de $0,60$ à $1,07 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ avec les valeurs modélisées de $0,74$ à $0,77 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$).

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 élaborée au moyen de 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 avec un degré de réussite variable 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 différentes Parties visées à l'Annexe 1, la méthode améliorée de Niveau 2 du GIEC 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'assurance de la qualité et d'amélioration continue, les méthodes d'estimation du stockage de C dans le sol par la fluctuation annuelle de l'apport de C par la productivité des cultures et les résidus de cultures ainsi que l'épandage de fumier sur les sols de terres cultivées ont été révisées par un comité de chercheurs et de scientifiques d'ECCC et d'AAC (à l'été 2021). 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.

Recalculs

Dans le présent rapport, d'importants recalculs ont été effectués en raison de l'harmonisation des données sur les activités avec celles du *Recensement de l'agriculture* de 2021. Ce changement a entraîné d'importants recalculs pour les années 2018 à 2020 et un ajustement à la hausse de 0,9 million d'hectares de la superficie totale des sols minéraux cultivés.

D'autres recalculs moins importants sont dus à d'autres mises à jour des données sur les activités visant à combler les lacunes dans la déclaration des activités relatives aux fèves et pois au fil du temps et ayant causé des recalculs mineurs pour toutes les années de déclaration, et pour combler les lacunes dans la déclaration de la superficie de culture du sarrasin pour 2011.

L'effet combiné de ces modifications est un ajustement à la hausse des émissions de 0,4 Mt pour 1990, est très faible pour 2005 et un important recalcul à la hausse de 6,7 Mt des absorptions de CO_2 pour 2020.

Améliorations prévues

Une méthode intégrée de modélisation va être 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 celles associées aux pratiques de travail du sol, aux combinaisons de cultures pérennes et annuelles, à l'apport de C par la productivité des cultures et les résidus de cultures, et l'épandage de fumier, sont également prévus à moyen terme, soit dans trois à cinq ans.

Pour des précisions, veuillez consulter le Tableau 8–5 au Chapitre 8.

6.5.1.2. Émissions de CO_2 résultant du travail des sols organiques

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).

Questions de méthodologie

Pour calculer les émissions résultants du travail des sols organiques, la superficie totale des histosols travaillés a été multipliée par le coefficient d'émission par défaut de 5 Mg C ha⁻¹ an⁻¹ (GIEC, 2006).

Le *Recensement de l'agriculture* ne fournit pas les superficies d'histosols cultivés et les estimations des superficies reposent donc 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 (qui est constante pour la période 1990–2021) était de 16 kha ou 0,03 % de la superficie des terres cultivées. Près de 90 % des histosols cultivés sont situés dans les zones de déclaration Bouclier boréal est, Plaines à forêts mixtes et Plaines boréales.

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, 2006). La moyenne globale et les incertitudes associées à cette source d'émissions ont été estimées à $0,3 \pm 0,09$ Mt de CO₂ pour le niveau et à $0 \pm 0,13$ Mt de CO₂ pour la tendance (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.

Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies ont été consignées et archivées en formats papier et électronique.

Recalculs

Cette catégorie de source n'a fait l'objet d'aucun recalcul.

Améliorations prévues

Aucune amélioration des estimations des émissions pour cette source n'est prévue pour l'instant.

6.5.1.3. Émissions et absorptions de CO₂ par la biomasse ligneuse

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 n'est pas déclaré comme une perte de biomasse dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé pour éviter une double comptabilisation des émissions avec celles provenant de la combustion de bois de chauffage résidentiel, qui sont déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés. Pour des précisions sur le transfert, veuillez consulter la section 6.4 et l'Annexe 3.5.4.1.

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 d'arbres 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 CO₂ provenant de la biomasse ligneuse sur les terres agricoles déclarées dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé se sont élevées à 1,0 Mt en 1990, tandis que les émissions nettes de ces flux nets se sont chiffrées à 0,04 Mt en 2005 et à 0,01 Mt en 2021. Les émissions associées à la biomasse ligneuse transférée au réservoir des PLR et utilisée pour la bioénergie résidentielle représentaient 0,8 Mt, 0,5 Mt et 0,5 Mt des émissions totales du bois de chauffage résidentiel déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés en 1990, en 2005 et en 2021, respectivement.

Questions de méthodologie

Les vignobles, les vergers et les pépinières d'arbres 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 d'un 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 arbres 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 l'Annexe 3.5.4.1.

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 employée consiste à effectuer le suivi des 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 une surveillance fondée sur l'observation de la Terre et les paramètres de croissance propres aux écozones. Des renseignements supplémentaires sur les hypothèses et les paramètres concernés sont disponibles à l'Annexe 3.5.4.1.

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, une incertitude par défaut de $\pm 75 \%$ (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 d'arbres de Noël.

Si une perte de superficie de vergers, de vignobles ou de pépinières d'arbres 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 également censée se produire, assortie d'une incertitude qui contribue à l'incertitude relative aux variations du C. Dans le cas d'un gain de superficie de vergers, de vignobles ou de pépinières d'arbres de Noël, l'incertitude liée aux variations annuelles du C était également censée être égale à l'incertitude par défaut de $\pm 75 \%$ (limites de l'intervalle de confiance de 95 %) (GIEC, 2006).

La moyenne globale et les incertitudes associées aux émissions ou aux absorptions de CO₂ des vignobles, des vergers et des pépinières d'arbres de Noël ont été estimées à $2 \pm 0,2$ 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 CO₂ des arbres et des arbustes est décrite dans Huffman et al. (2015b), 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 le degré d'incertitude est estimé à 41 % en moyenne. Huffman et al. (2015b) 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.

Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies ont été consignées et archivées en formats papier et électronique.

Recalculs

Les recalculs sont dus à la mise en place d'une série chronologique améliorée pour les données sur les activités associées à la biomasse ligneuse d'arbres et d'arbustes sur des terres agricoles. Ils consistent à appliquer une méthode d'interpolation à la transition entre les deux périodes de collecte de données sur les activités de 1990 à 2000 et de 2000 à 2010 par des photos numériques aériennes. D'autres recalculs ont été réalisés en raison de l'harmonisation des données sur les activités avec celle du *Recensement de l'agriculture* de 2021. L'effet combiné de ces changements sur les valeurs estimatives déclarées dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé a entraîné de recalculs dont les résultats sont un recalcul à la baisse des émissions nettes de 0,1 Mt (-66 %) pour 2005 et un très petit recalcul à la baisse des absorptions nettes de 0,03 Mt pour 2020.

La série chronologique améliorée a eu un léger effet indirect sur les émissions annuelles associées au transfert de la biomasse ligneuse vers le réservoir de PLR destiné à la production de bioénergie résidentielle qui ont été déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés et qui a entraîné un ajustement à la hausse de 0,01 Mt pour 2020.

Améliorations prévues

Des travaux ont commencé pour étudier de nouvelles méthodes 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, veuillez consulter le Tableau 8–5 au Chapitre 8.

6.5.2. Terres converties en terres cultivées (catégorie 4.B.2 du CUPR)

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 9,5 Mt en 1990 à 3,4 Mt en 2021. 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.2.1 du CUPR)

Le déboisement au profit de l'agriculture est une pratique qui persiste au Canada, représentant 45 % de la superficie de forêts converties en 2021. La superficie cumulative déclarée dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées, selon le tableau 4.B du CUPR, s'élevait à 1 300 kha durant les 20 années précédant 1990 et à 380 kha au cours des 20 années précédant 2021. 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 2021, les émissions immédiates issues de la conversion de terres forestières converties en terres cultivées totalisaient 1,4 Mt, tandis que les émissions résiduelles découlant d'événements s'étant produits dans les 20 dernières années s'élevaient à 2,0 Mt.

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 l'estimation des 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 détaillée du cadre de modélisation. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie d'estimation sont présentés à l'Annexe 3.5.4.3.

Questions de méthodologie – 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 CO₂ découlant des changements dans les pratiques de gestion au cours des 20 années suivant la conversion, ainsi que les émissions de N₂O 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 l'Annexe 3.5.4.3). 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 l'Annexe 3.5.4.3). La transformation moyenne de l'azote 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 d'azote et de C, la déperdition de C correspondante était de 19,9 Mg C ha⁻¹. La déperdition d'azote 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. L'Annexe 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.

Comme c'est le cas pour les émissions directes de N₂O des sols agricoles (voir le secteur Agriculture, chapitre 5), une méthode de Niveau 2 du GIEC, selon laquelle la perte de C est multipliée par la fraction d'azote perdue par unité de C et par un coefficient d'émission (CE_Base), est utilisée pour estimer les émissions de N₂O 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.

Les données du Système d'information sur les sols du Canada présentent les meilleures sources de données disponibles 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 matière organique morte, aérienne et souterraine, constituée des débris ligneux grossiers présents dans la forêt au moment de sa conversion. La variation moyenne de l'azote dans l'ouest du Canada aux terres déboisées pour la culture depuis au moins 50 ans était de +52 % (voir l'Annexe 3.5), ce qui révèle un ajout appréciable d'azote dans les systèmes agricoles par rapport aux forêts aménagées. Toutefois, compte tenu de l'incertitude associée à la dynamique réelle carbone-azote 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 N₂O.

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 CO₂ du réservoir de MOM, et iii) de la déperdition nette de COS. Les émissions immédiates de CO₂ 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 CO₂ sont produites exclusivement par le brûlage et surviennent durant le processus de conversion.

Les émissions immédiates et résiduelles de CO₂ 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).

En appliquant cette méthode d'estimation, l'incertitude est estimée indépendamment pour les réservoirs de biomasse et de MOM, et pour la matière organique du sol. L'incertitude associée aux données sur les activités (voir la section 6.9.3 pour des précisions) est prise en compte dans toutes les analyses.

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 2021		
Composantes d'émissions	Émissions (kt d'éq. CO ₂)	Incertitude (kt d'éq. CO ₂)
Émissions immédiates de CO ₂	1 238	±395
Émissions résiduelles de CO ₂ provenant du réservoir de MOM ^a	1 734	±387
Émissions résiduelles de CO ₂ provenant du réservoir de sol	259	±160
Émissions de CH ₄	127	±41
Émissions de N ₂ O	70	±18
Note :		
a. MOM = matière organique morte		

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 aussi 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 l'Annexe 3.5.4.3.

L'incertitude associée aux flux nets de CO₂ 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 l'Annexe 3.5.4.3.

Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. 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.

Recalculs

Les recalculs qui ont été effectués dans cette sous-catégorie sont principalement le résultat de l'harmonisation des données sur les activités avec le *Recensement de l'agriculture* 2021. Dans l'ensemble, les changements ont entraîné des ajustements à la hausse des estimations des émissions de 0,02 Mt pour 1990 et de 0,1 Mt pour 2005, et un ajustement à la baisse des estimations des émissions de 0,1 Mt pour 2020.

Améliorations prévues

Les améliorations prévues décrites à la section 6.9 auront aussi des incidences sur cette catégorie. Les coefficients modélisés de fluctuation du C dans le sol seront comparés avec ceux qui sont publiés pour 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.2.2 du CUPR)

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 CO₂ et de N₂O dans l'atmosphère. D'après les recherches de Bailey et Liang (2013) sur le brûlage des prairies aménagées au Canada, la conversion n'entraîne aucune perte significative de C en provenance de la MOM ou de la matière organique aérienne ou souterraine. Les auteurs ont conclu que la quantité moyenne de biomasse aérienne était de 1 100 kg ha⁻¹ dans le tchernoziem brun et de 1 700 kg ha⁻¹ dans le tchernoziem brun foncé. La biomasse aérienne, dans les prairies aménagées, serait inférieure à son rendement respectif en conditions de production agricole (Liang et al., 2005). En 2021, les émissions totales des sols s'élevaient à 12 kt, soit une baisse par rapport aux 300 kt de 1990, en incluant les déperditions de C et les émissions de N₂O dues à la conversion.

Questions de méthodologie

Un certain nombre d'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 l'Annexe 3.5.4.2).

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 tchernoziems bruns et brun foncé. L'Annexe 3.5.4.2 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 N₂O de la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres cultivées, les émissions de N₂O de la sous-catégorie des Prairies converties en terres cultivées ont été estimées à l'aide d'une méthode de Niveau 2, 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 l'Annexe 3.4.3).

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 de terres cultivées ou à la superficie de 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 pour 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 40 ± 19 kt pour le degré d'incertitude, et de -100 ± 45 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.

Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies ont été consignées et archivées sur supports papier et électronique.

Recalculs

Les recalculs effectués dans cette sous-catégorie étaient principalement le résultat de l'harmonisation des données sur les activités avec le *Recensement de l'agriculture 2021*. Dans une moindre mesure, des recalculs ont été effectués à la suite d'une recompilation des données de recensement antérieures à 1971.

Ces recalculs ont entraîné des ajustements des émissions à la hausse pour 1990 (0,2 Mt) et à la baisse pour 2020 (0,03 Mt), mais n'ont eu presque aucune incidence sur les émissions de 2005.

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 mesure qu'ils seront disponibles. Des précisions supplémentaires sont présentées dans le tableau 8–5 du chapitre 8.

6.6. Prairies (catégorie 4.C du CUPR)

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 (en d'autres mots, il s'agit de terres qui n'ont jamais été cultivées). 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 pour 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 on ignore 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 en utilisant la méthode de Niveau 1 du GIEC, fondée sur l'absence présumée de changement 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 du CUPR)

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 CH₄, de CO, de NO_x et de N₂O (GIEC, 2006).

Les émissions associées au brûlage des prairies aménagées sont déclarées dans le tableau 4(V) du CRF, 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 CH₄ et de N₂O issues du brûlage des prairies agricoles aménagées ont été estimées d'après une méthode de Niveau 1 du GIEC 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 CH₄ (2,7 g CH₄ kg⁻¹ de matière sèche brûlée et 0,07 g N₂O 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 sur le brûlage des prairies agricoles aménagées entre 2013 et 2015 ont été mises à jour dans le rapport de 2018.

6.6.1.3. 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 quantité de 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 CH₄ et de ± 48 % pour le N₂O (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 CH₄ et à ± 69 % pour le N₂O.

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. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Les données sur les activités et les méthodes sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.6.1.5. Recalculs

Il n'y a pas eu de recalcul des émissions dans cette catégorie de source. Cependant, des recalculs mineurs des superficies totales déclarées ont été effectués pour certaines années, en conséquence d'un effet indirect des mises à jour des superficies et des émissions de la catégorie des Terres cultivées (voir la section 6.5.1).

6.6.1.6. Améliorations prévues

Pour l'instant, aucune amélioration n'est prévue afin d'améliorer les estimations des émissions pour cette source.

6.7. Terres humides (catégorie 4.D du CUPR)

Au Canada, une terre humide est définie comme une terre saturée en eau pendant suffisamment longtemps pour favoriser des processus anaérobies; les indicateurs d'une terre humide sont notamment des sols mal drainés, la présence d'hydrophytes et de 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 que s'y développent des plantes et des sols de milieux humides. À ce titre, les terres humides couvrent près de 14 % de la superficie des terres émergées du Canada (ECCC, 2016). 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 et conformément aux catégories de terres définies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), 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. Il n'y a pas d'estimation de la superficie correspondant à ces terres humides au Canada.

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), deux types de terres humides aménagées sont prises en compte dans le présent inventaire. 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/absorptions de GES. Les deux types sont les suivants : i) les tourbières drainées pour l'extraction de tourbe, et ii) les terres submergées (c.-à-d. pour la création de réservoirs hydroélectriques). Étant donné que la dynamique des GES et les méthodes générales d'estimation des émissions et des absorptions sont naturellement très différentes, ces deux types de terres humides aménagées sont étudiés séparément.

6.7.1. Extraction de la tourbe (catégories 4.D.1.1 et 4.D.2.1 du CUPR)

6.7.1.1. Description de la catégorie de source

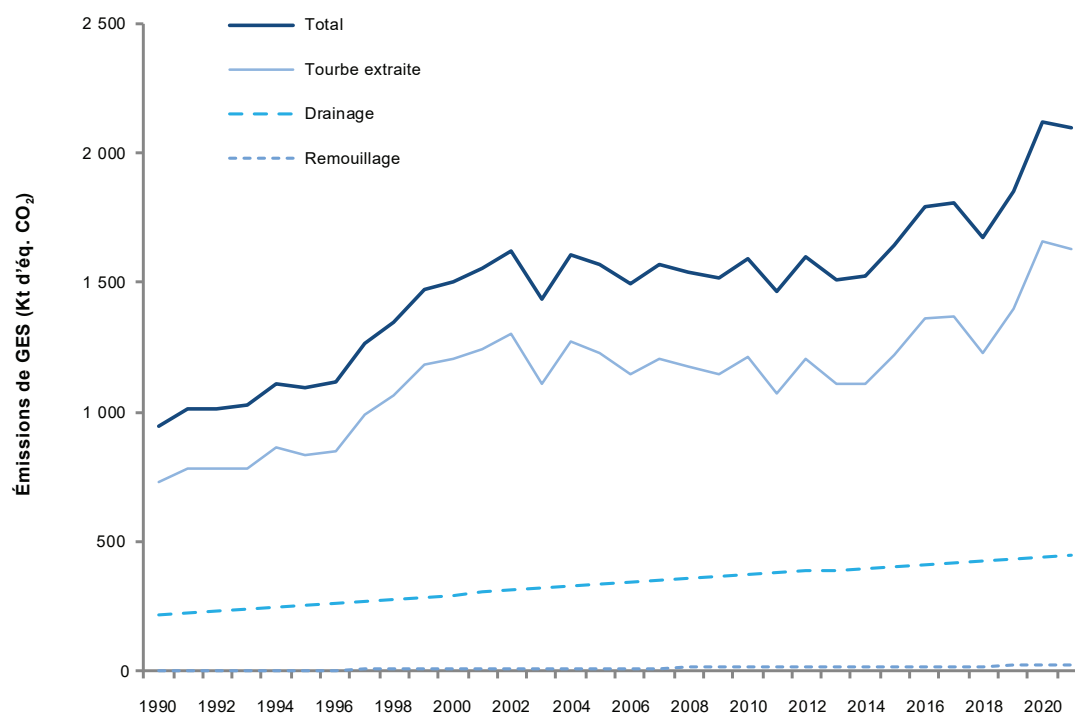
Environ 37 kha des 114 Mha de tourbières au Canada (RNCAN, 2011) ont été drainées pour l'extraction de la tourbe. De celles-ci, environ 18 kha font actuellement l'objet d'un aménagement actif, tandis que les 19 kha restants ne sont plus en production. Dans le contexte canadien, seules les tourbières dont l'épaisseur de tourbe est d'au moins 2 m et qui couvrent une superficie d'au moins 50 ha ont une valeur commerciale pour l'extraction de la tourbe (Keys, 1992). La production de tourbe est concentrée au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Alberta et au Manitoba. Le Canada produit de la tourbe pour des utilisations non énergétiques comme l'horticulture.

Les émissions provenant de l'extraction de la tourbe sont passées de 0,9 Mt en 1990 à 2,1 Mt en 2021 (Figure 6–7). Les principales sources sont le drainage des tourbières et la décomposition de la tourbe extraite. Les tendances relatives à l'extraction de la tourbe sont dictées à la fois par l'expansion des zones de production actives de tourbes, qui est passée de 13 kha en 1990 à 18 kha en 2013, et par les variations interannuelles des conditions météorologiques, qui ont une incidence sur l'assèchement de la tourbe et donc sur la récolte. Les émissions liées au drainage des tourbières continuent d'augmenter à mesure que la superficie des tourbières drainées et abandonnées augmente; une proportion croissante de ces sites sont réhabilités, remouillés et restaurés.

6.7.1.2. Questions de méthodologie

Les estimations ont été établies à l'aide d'une méthode de Niveau 2, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et au Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : terres humides (GIEC, 2014). Cette méthode est fondée sur des recherches canadiennes et les pratiques d'aménagement spécifiques à l'extraction de la tourbe au Canada. Les estimations des émissions pour les sites drainés et remouillés prennent en compte les émissions sur place de CO₂, de CH₄ et de N₂O ainsi que les émissions hors site de CO₂ résultant des pertes de C dans l'eau et de la décomposition de la tourbe récoltée. Les coefficients d'émission utilisés par le Canada proviennent de mesures de flux publiées dans de nombreuses études scientifiques (voir l'Annexe 3.5.6.1). Une méthode de cartographie fondée sur des données d'observation de la Terre a servi à déterminer l'étendue de la superficie

Figure 6–7 Émissions provenant de tourbières converties et aménagées pour l'extraction de la tourbe



des tourbières converties pour l'extraction de la tourbe pour les années 1990, 2007 et 2013, et la proportion des types de catégories d'affectation des terres converties (terres forestières et autres terres). Les terres converties ont été réparties selon quatre sous-catégories d'aménagement des terres d'après l'interprétation d'images et des données de l'industrie : zones activement exploitées, zones abandonnées, zones réhabilitées et zones restaurées. La quantité annuelle de la tourbe récoltée a été établie à partir des données nationales sur la production de tourbe (RNCAN, 2020b). Les superficies exploitées pour l'extraction de tourbe sont rapportées au tableau 4.D du CUPR dans la sous-catégorie des Terres converties en tourbières pour l'extraction de tourbe pour la première année suivant la conversion, puis dans la sous-catégorie des Tourbières pour l'extraction de tourbe dont la vocation n'a pas changé par la suite. Les émissions associées à l'extraction de tourbe sont déclarées dans le tableau 4(II), dans la catégorie Tourbières pour l'extraction de tourbe. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie d'estimation sont disponibles à l'Annexe 3.5.6.1.

6.7.1.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Il n'y a pas eu jusqu'ici d'évaluation formelle de l'incertitude pour cette catégorie. Les sources d'incertitude les plus importantes sont les estimations des superficies converties établies à partir de la cartographie, les coefficients d'émission pour les diverses catégories de sites déclassés (p. ex., réhabilités et restaurés) et les variations de la teneur en humidité de la tourbe récoltée.

6.7.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Des experts de l'industrie et des universités en collaboration avec l'Association de la tourbe de sphagne canadienne et le Groupe de recherche en écologie des tourbières ont assuré le contrôle de la qualité et la validation des estimations établies à partir de la cartographie et examiné les coefficients d'émissions propres au pays.

6.7.1.5. Recalculs

Les recalculs dans cette catégorie découlent de la mise à jour des statistiques sur l'extraction de tourbe en 2020, et ont donné lieu à un recalcul à la hausse des émissions de 0,3 Mt pour cette année.

6.7.1.6. Améliorations prévues

Les améliorations prévues comprennent des mises à jour aux données sur les activités dans le cadre d'une nouvelle entente avec Statistique Canada et l'ajout d'un nouveau point d'échantillonnage cartographique pour 2020 avec une imagerie par satellite à haute résolution pour mettre à jour la superficie des sites d'extraction de tourbe soumis à l'exploitation, à la remise en état et à la cessation de l'exploitation.

L'amélioration de la méthode d'estimation des émissions et des absorptions des sites d'extraction de tourbe non déclassés est envisagée. Cependant, elle dépendra de la disponibilité des données de surveillance pour déterminer l'état des sites se régénérant naturellement et le taux de réussite des activités de réhabilitation, de remouillage et de restauration. Des améliorations pourront être apportées au fur et à mesure que les recherches canadiennes et la surveillance accrue des sites après l'extraction de tourbe produiront de nouveaux renseignements.

Les prochains rapports devraient inclure une évaluation de l'incertitude.

Plus de détails sont fournis au chapitre 8, Tableau 8–5.

6.7.2. Terres submergées (catégories 4.D.1.2 et 4.D.2.2 du CUPR)

6.7.2.1. Description de la catégorie de source

Cette catégorie englobe théoriquement toutes les terres qui ont été submergées, quel qu'en soit l'objectif. En raison de limitations concernant l'acquisition des données, seuls les grands réservoirs hydroélectriques créés par l'inondation de terres ont été inclus. Les plans d'eau existants endigués pour contrôler le niveau de l'eau ou la production d'énergie ne sont pas pris en compte si la submersion y a été minime (p. ex., le lac Winnipeg au Manitoba; les Grands Lacs).

Depuis 1970, c'est principalement dans les zones de déclaration 4, 5, 8 et 14 (taïga du Bouclier est, Bouclier boréal est, Plaines hudsoniennes et Cordillère montagnarde) que ce type de conversion s'est produit. Le total de la superficie submergée depuis 10 ans ou moins au cours de la série chronologique a varié de 960 kha en 1993 à 37 kha en 2005. En 2021, 45 % des 44 kha de réservoirs inondés depuis 10 ans ou moins étaient auparavant des terres boisées (généralement non aménagées). Les émissions totales des réservoirs sont passées de 4,5 Mt en 1990 à 1,2 Mt en 2021.

6.7.2.2. Questions de méthodologie

Deux méthodes ont été employées concurremment pour estimer les flux de GES des terres submergées, l'une pour le déboisement et l'autre, pour la submersion. Lorsqu'il existait des preuves du retrait de la biomasse forestière avant l'inondation, les variations correspondantes des stocks de C dans les réservoirs de C non inondés ont été estimées de la même manière que pour tous les événements de conversion des forêts, en utilisant le modèle MBC-SFC3 (section 6.9 et Annexe 3.5.2.5). Les émissions issues de la combustion et de la MOM non submergée sont déclarées dans le tableau 4(V) du CUPR, dans la sous-catégorie des Terres converties en terres humides, et celles issues de la décomposition des résidus demeurant sur le site sont déclarées dans le tableau 4.D du CUPR, dans la sous-catégorie des Terres converties en terres submergées, pendant les 10 premières années après le déboisement, puis dans la catégorie des Terres submergées dont la vocation n'a pas changé après cette période. La construction de grands réservoirs dans le nord du Québec (les réservoirs Toulmoustou, Eastmain-1 et Péribonka, qui ont été inondés en 2005, 2006 et 2008, respectivement) a fait intervenir ce type de déboisement avant l'inondation. À noter que les émissions causées par le déboisement dans les environs des futurs réservoirs (p. ex. pour l'aménagement des infrastructures) sont déclarées dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en établissements.

La deuxième méthode sert à l'estimation des émissions de CO₂ depuis la surface des réservoirs qui ont été inondés. La méthode par défaut pour estimer les émissions causées par l'inondation des terres présume que la totalité du C de la biomasse est immédiatement rejetée vers l'atmosphère (GIEC, 2006). Dans le contexte canadien, cette façon de procéder aurait pour effet de surestimer les émissions résultant de la création de réservoirs, puisque la végétation submergée, lorsqu'elle est présente, ne se décompose pas durant une longue période. Une approche propre au Canada a été élaborée pour estimer les émissions des réservoirs en se basant sur les mesures des flux de CO₂ au-dessus de leur surface (ces mesures étant tirées de multiples études; voir l'Annexe 3.5.6.2). Cette façon de faire est conforme aux descriptions de la méthode de Niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006) et aux recommandations de l'Annexe 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). L'Annexe 3.5.6.2 du RIN fournit d'autres précisions sur cette méthode d'estimation. L'évaluation comprend uniquement les émissions de CO₂. Les émissions de la surface des terres submergées sont déclarées dans le tableau 4.D du CUPR dans la sous-catégorie des Terres converties en terres submergées pendant une période de 10 ans après l'inondation, afin d'éviter de comptabiliser deux fois la perte de carbone organique dissous (COD) provenant des terres aménagées dans le bassin hydrographique et ensuite émis par les réservoirs. C'est pourquoi seules les émissions de CO₂ sont calculées pour les réservoirs hydroélectriques dont les terres ont été entièrement submergées entre 1981 et 2021.

Pour chaque réservoir, la superficie qui était recouverte de forêt avant la submersion est prise en compte pour répartir les émissions entre les sous-catégories des Terres forestières converties en terres submergées et des Autres terres converties en terres humides.

Il importe de signaler que les fluctuations de superficie dans la catégorie des Terres converties en terres submergées déclarées dans les tableaux du CUPR ne sont pas indicatives de changements dans les taux de conversion actuels, mais reflètent plutôt la différence entre les superficies de terres récemment submergées (moins de 10 ans avant l'année d'inventaire) et les réservoirs plus anciens (de 10 ans ou plus avant l'année d'inventaire), dont les superficies ont été retirées de la comptabilisation. Le système de déclaration ne tient pas compte de la superficie de tous les réservoirs du Canada.

6.7.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Pour ce qui est de la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres submergées, se reporter à la section 6.9, Conversion des forêts. L'Annexe 3.5.6.2 analyse le degré d'incertitude associé à la méthode d'estimation de Niveau 2.

Vu les limites actuelles des méthodes d'estimation du secteur ATCATF, il est impossible de recenser entièrement le devenir du COD et de s'assurer qu'il est comptabilisé dans la bonne catégorie d'utilisation des terres. Toutefois, la possibilité d'une double comptabilisation dans la catégorie Terres humides est limitée aux réservoirs hydrographiques où l'on trouve des terres aménagées, ce qui exclut plusieurs grands réservoirs situés dans les zones de déclaration de la taïga du Bouclier est et du Bouclier boréal est. Une grande partie du COD dans ces zones provient de terres non aménagées et, de ce fait, n'a pas à être déclaré dans le rapport.

6.7.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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. Pour la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres submergées, voir aussi la sous-rubrique correspondante dans la section 6.9, Conversion des forêts.

L'approche canadienne d'estimation des émissions dues à la submersion des forêts représente mieux les processus associés à la submersion des terres au fil du temps que la méthode par défaut (GIEC, 2006), qui suppose que tout le C de la biomasse des forêts submergées est immédiatement libéré. La méthode canadienne est plus raffinée, en ce sens qu'elle fait la distinction entre le déboisement et la submersion. Les émissions causées par le déboisement sont estimées comme dans tous les cas de déboisement associé aux changements dans l'affectation des terres. De plus, dans la méthode canadienne, les émissions de la surface des réservoirs sont calculées à partir de mesures et non d'une hypothèse (décomposition immédiate de toute la biomasse submergée) qui n'a pas été vérifiée.

6.7.2.5. Recalculs

Il y a eu des recalculs en raison de l'ajout du projet Romaine-4, au Québec, et de la mise à jour des suppositions sur la proportion des types de forêt avant le déboisement (voir les sections 6.3.1.5 et 6.9.5 pour plus de précisions). L'effet combiné de ces changements a entraîné un ajustement à la hausse des émissions de 0,02 Mt en 2005 et de 0,3 Mt en 2020.

6.7.2.6. Améliorations prévues

Le raffinement des estimations des émissions de CO₂ de la surface des réservoirs dépendra en partie de la capacité de quantifier les transferts latéraux du C dissous des bassins hydrographiques vers les réservoirs. La surveillance du COD dans le paysage jusqu'au point d'émission ou de stockage à long terme dépasse la capacité scientifique actuelle et nécessitera un effort de recherche à long terme. Des travaux seront réalisés de façon continue afin de s'assurer que les données sur les activités sont mises à jour et validées.

Les améliorations continues seront axées sur l'acquisition de connaissances, la mise à jour des données sur les activités, des paramètres et des coefficients d'émissions dans le but d'estimer les émissions de CH₄ provenant des terres submergées.

Le tableau 8–5 du chapitre 8 fournit des précisions supplémentaires.

6.8. Établissements (catégorie 4.E du CUPR)

La catégorie des Établissements est très 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 autres que le bois (p. ex., le pétrole et le gaz, et l'exploitation minière).

Pour les besoins de cet inventaire, la catégorie Établissements est divisée en deux sous-catégories, soit celle des Établissements dont la vocation n'a pas changé (arbres en milieu urbain) et celle des Terres converties en établissements. Les estimations concernent deux types de conversion : la conversion des terres forestières en établissements, déclarée dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en établissements, et la conversion des terres non forestières dans le nord du Canada, déclarée dans la sous-catégorie des Prairies converties en établissements. En 2021, la superficie de 0,59 Mha dans la sous-catégorie des Terres converties en établissements correspondait à des émissions de 6,5 Mt.

6.8.1. Établissements dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.E.1 du CUPR)

6.8.1.1. Description de la catégorie de puits

Cette catégorie comprend les estimations de séquestration du C par les arbres urbains au Canada. Les estimations des absorptions de CO₂ résultant de la croissance des arbres hors des zones urbaines qui se trouvent dans les autres sous-catégories de la catégorie des Établissements ne sont pas incluses. Les absorptions annuelles totales des arbres en milieu urbain, qui s'élèvent à environ 4,4 Mt, en moyenne, sont relativement stables au cours de la série chronologique. Des estimations sont présentées pour neuf des zones de déclaration méridionales, où se concentrent les principaux centres urbains. Les plus importantes absorptions en 2021 (70 % du total des absorptions) ont eu lieu dans la zone de déclaration des Plaines à forêts mixtes (1,6 Mt) et la zone de déclaration Maritime du Pacifique (1,5 Mt).

Les émissions attribuées à la biomasse des arbres urbains transférée au réservoir des PLR et utilisée pour la bioénergie résidentielle représentaient 0,3 Mt par année des émissions totales du bois de chauffage résidentiel déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés.

6.8.1.2. Questions de méthodologie

Les absorptions de CO₂ 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 partir d'une approche d'échantillonnage par point. Les points d'échantillonnages ont été interprétés manuellement 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 année 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 afin d'obtenir un taux annuel brut de séquestration. La séquestration nette a été estimée par l'application d'un facteur sur la valeur brute. Les valeurs de stockage et de séquestration du C dans les arbres urbains pour 18 UR (voir le tableau A6.5–8) ont été obtenues selon ce qui est décrit dans Steenberg et al., 2021. 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 l'Annexe 3.5.7.1.

6.8.1.3. Incertitude et cohérence des séries chronologiques

L'incertitude entourant les estimations du CAU a été évaluée en se fondant sur 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 CO₂ des arbres en milieu urbain est de 38 % pour 1990 et 2012. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie d'estimation sont présentés à l'Annexe 3.5.7.1.

La même méthodologie et les mêmes coefficients utilisés pour les estimations des émissions ont été employés pour toute la série chronologique.

6.8.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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.

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 couvert arboré urbain correspondaient étroitement aux valeurs publiées, avec 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 couvert arboré urbain ont été comparées à celles dérivées 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 %).

6.8.1.5. Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été fait pour cette catégorie de puits.

6.8.1.6. Améliorations prévues

Les travaux de mise à jour des estimations des données sur les activités et des coefficients servant à estimer les absorptions brutes et nettes vont se poursuivre. Des mises à jour sont prévues pour les données sur les activités de 2005, de 2015 et de 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.

Le tableau 8–5 du chapitre 8 fournit des précisions supplémentaires.

6.8.2. Terres converties en établissements (catégorie 4.E.2 du CUPR)

En 2021, les émissions dans la sous-catégorie des Terres converties en établissements ont totalisé 6,5 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'utilisation des terres. Des efforts considérables sont déployés pour quantifier la superficie des terres forestières converties en établissements, car il s'agit là du principal type de conversion en importance depuis 2000. De 1990 à 2021, en moyenne, 26 kha de terres forestières ont été convertis 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 100 % 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 l'Annexe A3.5.2.10.

Le reste de la section traite de la conversion des terres non forestières en établissements, ce qui comprend les changements de l'utilisation des terres dans le Nord canadien, déclarés dans la sous-catégorie des Prairies converties en établissements, ainsi que la conversion des terres dans les régions agricoles du Canada, déclarées dans la sous-catégorie des Terres cultivées converties en établissements.

6.8.2.1. Terres cultivées converties en établissements (catégorie 4.E.2.2 du CUPR)

6.8.2.1.1. Description de la catégorie de source

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, au cours des périodes 1990–2000 et 2000–2010, une proportion de 18 kha et de 11 kha de terres cultivées a été convertie en établissements chaque année, notamment 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 cela fait partie des améliorations prévues pour cette catégorie.

6.8.2.1.2. Questions de méthodologie

La superficie convertie des terres cultivées en établissements a été estimée à partir des cartes de l'affectation des terres en 1990, 2000 et 2010 de Huffman et al. (2015a) à l'aide des méthodes décrites à l'Annexe 3.5.7.2. Les taux de conversion annuels ont été estimés en calculant la superficie totale des terres converties pendant ces trois années et en divisant le résultat par l'intervalle de temps, en supposant que le taux de conversion est resté 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. Incertitudes et cohérence des séries chronologiques

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. (2015a) sur l'exactitude de chaque carte d'utilisation des terres.

6.8.2.1.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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 2010¹⁶. Le changement d'affectation des terres ou de la couverture terrestre a été vérifié pour plus de 200 points pour chaque période temporelle, par une 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, afin d'éliminer tout biais statistique.

6.8.2.1.5. Recalculs

Cette catégorie de source n'a fait l'objet d'aucun recalcul.

16 Landsat Time Enabled Imagery – Canada : <https://hub.arcgis.com/maps/9a239f9be2952436a80d3c995cab34bc/about>.

6.8.2.1.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir pour cette catégorie visent à élaborer 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.

6.8.2.2. Prairies converties en établissements (catégorie 4.E.2.3 du CUPR)

6.8.2.2.1. Description de la catégorie de source

L'exploitation des ressources est le facteur dominant du changement d'affectation des terres dans les régions arctique et subarctique du Canada. En 2021, la conversion de prairies en établissements dans le Nord canadien représentait des émissions de 19 kt, une baisse par rapport aux 48 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 du Canada 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 de changement d'affectation des terres ont été estimées à l'aide de la cartographie établie à partir de l'interprétation de l'imagerie pour les années 1990, 2000 et 2010, comme l'indique l'Annexe 3.5.7.2.

Les coefficients de biomasse ont été fondés sur l'échantillonnage sur le terrain et ont été vérifiés d'après les valeurs de la documentation pour le Nord canadien (Annexe 3.5.7.2).

Les émissions estimées comprennent uniquement les changements des stocks de C présents dans la biomasse aérienne avant la conversion. Malgré d'importants travaux réalisés sur le terrain et la comparaison avec les études pertinentes, l'estimation de la densité moyenne ou réelle de biomasse sur une étendue aussi vaste est difficilement mesurable et induit beaucoup d'incertitude.

6.8.2.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une méthode de propagation d'erreur, décrite à l'Annexe 3.5.7.3, a été utilisée pour estimer l'incertitude relative à cette catégorie. L'estimation de l'incertitude pour cette catégorie varie entre 78 % et 87 % pour les différentes zones de déclaration en raison de la difficulté associée à la collecte de données de terrain pour estimer la biomasse aérienne et la variabilité des conditions de la végétation et du climat dans cette vaste région.

6.8.2.2.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité 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.

6.8.2.2.5. Recalculs

Cette catégorie de source n'a fait l'objet d'aucun recalcul.

6.8.2.2.6. Améliorations prévues

Les travaux à venir pour cette catégorie visent à améliorer les estimations en recueillant de nouvelles données et en compilant les données scientifiques canadiennes pour estimer les émissions provenant du réservoir de sol ainsi que pour améliorer les estimations de la biomasse aérienne avant la conversion, en ajustant les coefficients de biomasse utilisés pour chaque zone de déclaration selon les indices de végétation fondés sur l'imagerie et d'autres données de terrain.

Le tableau 8–5 du chapitre 8 fournit des précisions supplémentaires.

6.9. Conversion des forêts

6.9.1. Description de la catégorie de source

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, sa localisation géographique et son impact. Une approche cohérente a été utilisée pour tous les types de conversion forestière, afin de réduire au minimum les omissions et les chevauchements, tout en maintenant autant que possible l'uniformité spatiale.

En 2021, la conversion des terres forestières en terres cultivées, en terres humides (tourbières pour l'extraction de tourbe et terres submergées [réservoirs]) et en établissements a généré des émissions immédiates et résiduelles totales de 13 Mt comparativement à 18 Mt en 1990. Cette baisse comprend une réduction des émissions immédiates et résiduelles de 4,3 Mt attribuable à la conversion des terres forestières en terres cultivées, et une réduction des émissions de 1,7 Mt due à la conversion des terres forestières en terres humides (réservoirs). Il y a eu également une augmentation des émissions immédiates et résiduelles de 0,4 Mt attribuable à la conversion des terres forestières en établissements. À noter que les valeurs mentionnées incluent les émissions résiduelles allant au-delà de 20 ans après la conversion (10 ans pour les réservoirs et 1 an pour l'extraction de tourbe) qui sont déclarées dans les 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). Les autres émissions qui sont associées à cette source comprennent celles qui résultent de l'utilisation et de l'élimination des PLR fabriqués de bois provenant d'activités de conversion des forêts depuis 1990, qui sont incluses dans les estimations des émissions de CO₂ déclarées dans le tableau 4.G du CUPR et qui totalisaient 3,3 Mt en 2021, une hausse par rapport à 2,7 Mt en 1990 (voir la section 6.4 pour plus de détails).

Il convient de distinguer les taux annuels de conversion des terres forestières (64 kha en 1990 et 49 kha en 2021) et la superficie totale de terres forestières converties pour d'autres utilisations foncières, selon les déclarations des tableaux du CUPR pour chaque année d'inventaire. Les valeurs dans les tableaux du CUPR englobent toutes les terres forestières converties au cours des 20 ans qui se terminent avec l'année d'inventaire actuelle (10 ans pour les réservoirs et 1 an pour l'extraction de tourbe) et sont donc 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, ne représentent qu'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 2021, les émissions immédiates (2,8 Mt) ne représentaient que 22 % des émissions totales des terres déclarées attribuables aux conversions des forêts. Le reste est constitué d'émissions résiduelles causées par des déboisements actuels et passés. Les taux de décomposition de la MOM sont tels que les émissions résiduelles continuent au-delà de 20 ans (10 ans pour les réservoirs et 1 an pour l'extraction de tourbe), 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.

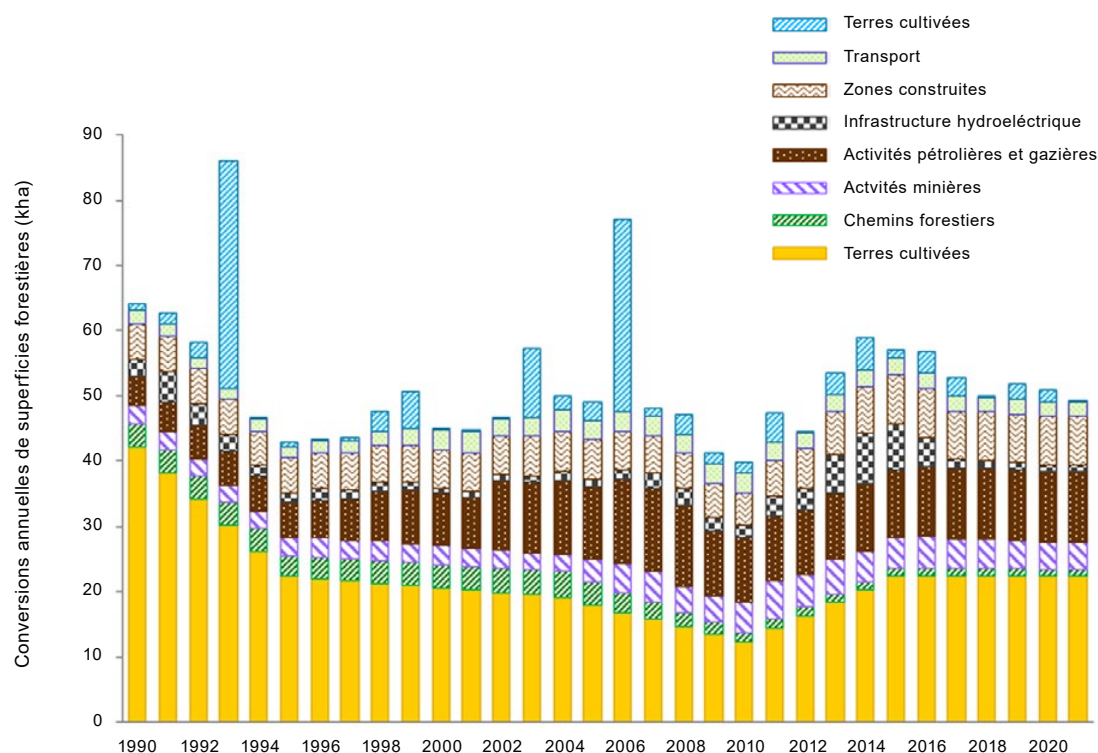
Les principaux facteurs de conversion des forêts sont l'expansion agricole et l'extraction des ressources, représentant respectivement 42 % et 30 % de la superficie cumulative de terres forestières converties depuis 1990. Les taux annuels de conversion de forêts en terres cultivées affichent une baisse constante entre 1990 et 2010. Cependant, depuis 2010, les taux annuels ont augmenté à environ 22 kha, soit les taux observés au milieu des années 1990, en raison d'un étalement agricole récent, surtout dans les Plaines boréales, les Prairies subhumides et les Plaines à forêts mixtes (Figure 6–8). Bien que cette tendance soit restée constante depuis 2016, la conclusion de la prochaine période de cartographie permettra de déterminer si elle se poursuit toujours.

Par contre, 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, 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 27 kha en 2021 (Figure 6–8). Depuis 2000, la conversion de terres en établissements est devenue le principal moteur de conversion des forêts, puisque, en moyenne, 57 % du total de la superficie forestière est converti annuellement en établissements, sauf en 2003 et 2006, où de vastes étendues de forêts ont été coupées en raison de grands projets hydroélectriques (Figure 6–8). Cette tendance reflète le développement des ressources (p. ex., routes forestières, infrastructures hydroélectriques, exploitations minières, extraction de pétrole et de gaz, et le transport), spécialement dans la région des Plaines boréales, avec 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 28 % de la perte totale de la superficie forestière nationale en 2021.

L'inondation 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 en terres humides (Figure 6–8). Cependant, puisqu'une bonne partie des stocks de C antérieur à la conversion sont submergés, 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 4 (Bouclier de la taïga est) et 5 (Bouclier boréal est), et sont généralement attribuables à l'inondation de réservoirs. Ceci est également observé dans une moindre mesure, 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 se produisait à grande vitesse dans le passé et reste une pratique courante au Canada. Elle est appliquée dans différentes situations 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 utilisations 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 et 2018. 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 de réduire les écarts apparents existant dans les estimations des superficies entre les périodes 1975–1990, 1990–2000, 2000–2008, 2008–2013 et 2013–2018. Une description plus détaillée de la démarche et des sources de données utilisées est fournie à l'Annexe 3.5.2.10.

Toutes les estimations des émissions des réservoirs de biomasse et de matière organique morte 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 submergées sans déboisement préalable ou déboisées pour l'extraction de tourbe (voir la section 6.7 et l'Annexe A3.5.6). Des cadres de modélisation différents ont servi à l'estimation des 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. L'Annexe 3.5.2.1 résume les procédures d'estimation.

6.9.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une incertitude globale de $\pm 30\%$ 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 34 kha et 64 kha pour 2021. Il faut prendre soin de ne pas appliquer la fourchette de 30 % à la superficie cumulative déclarée dans le CUPR pour les terres forestières converties en une autre catégorie de terres depuis moins de 20 ans (10 ans pour les réservoirs). L'Annexe 3.5.2.10 décrit les principales sources d'incertitude associées aux estimations de superficie établies d'après les données de télédétection.

6.9.4. Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérification

La section 1.3 du chapitre 1 décrit les procédures générales d'AQ/CQ qui ont été suivies pour cette catégorie. De plus, des procédures détaillées d'AQ/CQ de Niveau 2 ont été appliquées pendant la préparation des estimations, avec 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 peuvent être retracés grâce au système de compilation et ont été consignés. Des renseignements supplémentaires sont disponibles à l'Annexe 3.5.2.10.

Environnement et Changement climatique Canada, tout en tenant à jour ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations réalisées à l'interne (voir la section 1.3 du chapitre 1), a mis en œuvre des procédures distinctes pour les estimations provenant de ses partenaires de données, ainsi que pour toutes les estimations et les données sur les activités provenant de l'entrepôt de données de l'ATCATF (Blondel, 2022), puis les a saisies au moyen du logiciel CRF Reporter.

6.9.5. Recalculs

Des modifications ont été apportées aux suppositions de proportion de pré-type de déforestation, suite à la mise à jour des données temporelles régionales, afin de permettre aux proportion pré-types de varier dans le temps. D'autres modifications ont été apportées en raison de l'ajout de superficies déboisées et inondées pour le grand projet hydroélectrique Romaine-4, au Québec. Des recalculs mineurs des conversions de forêts estimées ont été réalisés en conséquence de ces changements, entraînant un ajustement à la hausse des émissions immédiates et résiduelles en 2020, de 0,1 Mt (+0,5 %).

Ces modifications ont eu un effet indirect sur les émissions du réservoir de PLR, entraînant un ajustement à la baisse de 0,1 Mt (-1,9 %) en 2005, et de 0,2 Mt (-5,7 %) en 2020.

Davantage de précisions sont fournies à la section 6.3.1.5.

6.9.6. Améliorations prévues

L'élaboration des nouvelles données cartographiques et des nouveaux paramètres et processus pour la conversion de forêts fait partie de l'amélioration continue des valeurs estimatives de l'ATCATF. À moyen terme, les améliorations comprennent la révision des données sur les activités de déboisement de 1970 à 2010, ce qui permettra d'améliorer les estimations pour les périodes antérieures.

La section 8.3.1 et le tableau 8–5 du chapitre 8 fournissent davantage de précisions.

DÉCHETS (SECTEUR 5 DU CUPR)

7.1. Aperçu	235
7.2. Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) (catégorie 5.A du CUPR)	236
7.3. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (catégorie 5.A.2 du CUPR)	239
7.4. Traitement biologique des déchets solides (catégorie 5.B du CUPR)	240
7.5. Incinération et combustion à l'air libre de déchets (catégorie 5.C du CUPR)	242
7.6. Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D du CUPR)	243

7.1. Aperçu

Le secteur des Déchets au Canada comprend les émissions imputables au traitement et à l'élimination des déchets, entre autres de l'Élimination des déchets solides (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 et les gaz du secteur des Déchets comprennent le méthane (CH₄) provenant de l'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) et de Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels; le CH₄ et l'oxyde nitreux (N₂O) imputables au Traitement biologique des déchets solides; le dioxyde de carbone (CO₂), le CH₄ et le N₂O attribuables à l'Incinération et combustion à l'air libre des déchets; ainsi que le CO₂, le CH₄ et le N₂O résultant du Traitement et rejet des eaux usées.

En 2021, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des Déchets représentaient 21,1 Mt du total des émissions nationales, comparativement à 18,9 Mt en 1990, soit une augmentation de 2,1 Mt ou de 11 % (Tableau 7-1). Les émissions de ce secteur ont représenté 3,22 % et 3,14 % des émissions canadiennes totales de GES en 1990 et en 2021, respectivement.

Les émissions de l'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) contribuent le plus aux émissions du secteur des Déchets; en 2021, elles se sont élevées à 17,2 Mt d'éq. CO₂ ou 81 % des émissions du secteur des Déchets (Tableau 7-1).

Lorsque les déchets traités ou éliminés proviennent de la biomasse, les émissions de CO₂ attribuables à de tels déchets sont déclarées dans l'inventaire en tant que poste pour mémoire. Les émissions de CO₂ d'origine biogénique ne sont pas déclarées si elles sont déclarées ailleurs dans l'inventaire ou si l'absorption correspondante de CO₂ n'est pas inscrite dans l'inventaire (p. ex. cultures annuelles). Dans ce dernier cas, les émissions ne sont pas incluses dans les émissions totales de l'inventaire, étant donné que l'absorption de CO₂ par les végétaux récoltés ne fait pas l'objet d'une estimation et que l'incorporation de ces émissions dans le secteur des Déchets entraînerait un déséquilibre. En outre, les émissions de CO₂ du bois et des produits ligneux sont déclarées dans le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF). En revanche, les émissions totales de l'inventaire comprennent les émissions de CH₄ attribuables à la décomposition anaérobie des déchets qui font partie du secteur des Déchets.

Tableau 7-1 **Sommaire des émissions de GES du secteur des Déchets, certaines années**

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)						
	1990	2005	2017	2018	2019	2020	2021
Déchets	18,9	21,7	21,3	21,3	21,1	21,0	21,1
Évacuation des déchets solides (sites d'enfouissement)	16,1	18,2	17,3	17,3	17,2	17,1	17,2
Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels	0,9	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
Traitement biologique des déchets solides	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Incinération et combustion à l'air libre de déchets	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Traitement et rejet des eaux usées	1,6	1,9	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6

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

Tableau 7-2 **Sommaire des recalculs du secteur des Déchets, certaines années (Mt d'éq. CO₂)**

Secteur	1990	2000	2005	2016	2017	2018	2019	2020
Évacuation des déchets solides (sites d'enfouissement)								
Rapport précédent (2022)	19,59	22,46	22,97	20,86	21,39	21,68	21,91	22,14
Présent rapport (2023)	16,14	17,92	18,21	17,02	17,29	17,27	17,16	17,14
Changement net dans les émissions	3,45	4,53	4,76	3,84	4,10	4,41	4,74	4,99
Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels								
Rapport précédent (2022)	2,87	3,38	3,26	2,43	2,36	2,30	2,24	2,18
Présent rapport (2023)	0,89	1,00	0,97	0,78	0,76	0,75	0,73	0,71
Changement net dans les émissions	1,98	2,38	2,29	1,65	1,60	1,55	1,51	1,46
Traitement biologique des déchets solides								
Rapport précédent (2022)	0,07	0,20	0,24	0,32	0,33	0,36	0,36	0,36
Présent rapport (2023)	0,07	0,20	0,24	0,32	0,33	0,36	0,36	0,36
Changement net dans les émissions	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Incinération et combustion à l'air libre des déchets								
Rapport précédent (2022)	0,27	0,37	0,35	0,20	0,19	0,18	0,18	0,16
Présent rapport (2023)	0,26	0,33	0,35	0,20	0,19	0,18	0,18	0,16
Changement net dans les émissions	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Traitement et rejet des eaux usées								
Rapport précédent (2022)	1,61	1,88	1,90	2,44	2,45	2,47	2,47	2,51
Présent rapport (2023)	1,57	1,87	1,91	2,79	2,70	2,77	2,68	2,67
Changement net dans les émissions	0,04	0,01	-0,02	-0,35	-0,25	-0,29	-0,22	-0,17

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

La plupart des changements relatifs aux rapports d'inventaire antérieurs touchent aux recalculs et aux mises à jour des données sur les activités (Tableau 7-2). Les descriptions détaillées des recalculs et des mises à jour des données sur les activités figurent dans la section consacrée aux recalculs pour chaque source dans ce chapitre et dans le Chapitre 8.

7.2. Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) (catégorie 5.A du CUPR)

7.2.1. Description de la catégorie de sources

La catégorie de l'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) fournit une quantification des émissions de CH₄ résultant de la décomposition des déchets placés dans les sites d'enfouissement municipaux. Les déchets solides municipaux (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 d'épuration.

Les déchets de bois industriel (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, ces derniers sont déclarés comme une catégorie distincte (section 7.3).

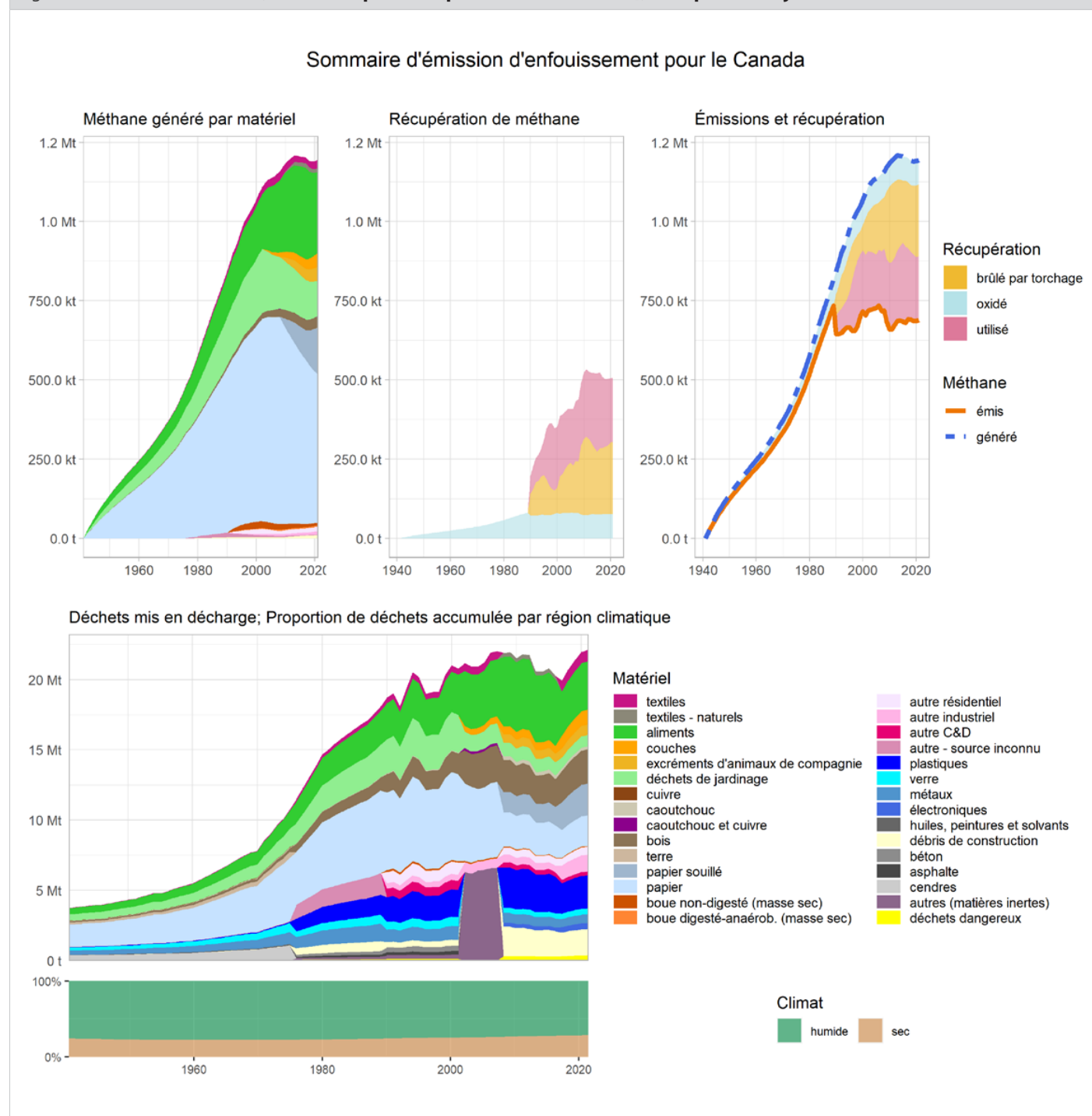
Au Canada, la plupart des déchets sont éliminés dans des sites d'enfouissement municipaux gérés. Il n'existe peu, voire aucun, site d'enfouissement qui n'est pas géré. L'élimination des DSM est réglementée par les provinces et les territoires, mais elle est généralement gérée par des autorités municipales et régionales. Même si la réglementation varie d'un bout à l'autre du pays, le captage des gaz d'enfouissement et les couvertures des sites d'enfouissement sont des exigences réglementaires communes. En outre, bon nombre de provinces mettent en œuvre, ou ont déjà en place, des cibles de réduction de certains déchets comme des interdictions d'enfouissement des déchets organiques, ou des objectifs en matière de production de déchets par habitant.

Les émissions attribuables à l'élimination des déchets sont générées par la décomposition anaérobie des déchets organiques enfouis dans les sites d'enfouissement. Bien que du CO₂ soit également produit, il est d'origine biogénique et n'est donc pas déclaré comme faisant partie des émissions totales de ce secteur. Les émissions de N₂O sont considérées comme négligeables.

L'élimination des DSM contribue le plus aux émissions du secteur des Déchets. Cette catégorie représente environ 81 % des émissions du secteur des Déchets (Tableau 7-1).

Les principaux facteurs qui influencent les émissions des décharges de DSM au fil du temps incluent la croissance démographique et les pratiques de gestion des déchets (Figure 7-1). Plus de déchets sont produits à mesure que la population augmente. La production de CH₄ est étroitement liée à la composition des matières qui ont été enfouies. Les pratiques de réacheminement des déchets et de captage des gaz des sites d'enfouissement ont augmenté au fil du temps et ont compensé les émissions associées à l'augmentation de la population.

Figure 7-1 **Déchets enfouis, méthane produit (par matériau source), récupéré et rejeté**



7.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions provenant de l'élimination des déchets 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 l'Amélioration 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). La même méthodologie, mais avec des paramètres différents, est utilisée pour l'Élimination des déchets solides et les Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (dont il est question à la section 7.3.2).

Les gaz d'enfouissement, essentiellement du CH₄ et du CO₂, sont produits par la décomposition anaérobie des déchets organiques. Le processus de décomposition commence généralement de 10 à 50 jours après que les déchets aient été placés dans le site d'enfouissement. Même si la majorité du CH₄ et du CO₂ est émise durant les 20 années suivant l'enfouissement, les émissions peuvent se poursuivre pendant un siècle ou plus (Levelton, 1991).

Il n'y a actuellement aucune source constante de données sur la quantité de déchets enfouis. Au lieu de cela, la quantité totale de déchets éliminés (enfouis, exportés ou incinérés) dans chaque province est utilisée comme base de calcul des émissions. Des données sont disponibles sur la quantité de déchets exportés et incinérés et sont donc utilisées pour calculer la quantité de déchets enfouis.

Dans un site d'enfouissement, plusieurs facteurs contribuent à la production de gaz. Un des facteurs les plus importants est la composition des déchets introduits dans le site d'enfouissement. Comme pour les habitudes des consommateurs et les pratiques de gestion des déchets, les types de déchets éliminés dans les sites d'enfouissement de DSM évoluent. Un autre facteur important qui influe sur la production d'émissions de CH₄ dans un site d'enfouissement est la teneur en humidité. L'humidité est considérée comme un facteur limitant la production de CH₄. Il est assumé qu'il s'agit du principal facteur influant sur la teneur en humidité dans le site d'enfouissement, et il est pris en compte en fonction de la région climatique (humide ou sèche). Bien qu'un certain nombre d'autres facteurs influent sur la production de CH₄ dans les sites d'enfouissement, comme le pH et la disponibilité des éléments nutritifs, ils ne sont pas représentés dans le modèle.

Le CH₄ produit dans un site d'enfouissement ne sera pas entièrement rejeté dans l'atmosphère. Pour déterminer la quantité de CH₄ rejetée, la quantité captée par une technologie de captage des gaz d'enfouissement et de la proportion de CH₄ oxydé dans les couvertures de sites d'enfouissement sont prises en compte. Le captage de gaz d'enfouissement dans les sites d'enfouissement gérés est de plus en plus populaire au Canada. Le CH₄ 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 CH₄ en CO₂ par les bactéries méthanotrophes dans les couvertures des sites d'enfouissement est comptabilisée en appliquant un facteur d'oxydation 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. Il existe également des exigences annuelles en matière de couverture ainsi que du matériel de couverture plus robuste pour les sites d'enfouissement fermés.

7.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le niveau d'incertitude associé aux émissions de CH₄ provenant de l'Élimination des déchets solides a été estimé à ± 76 % pour le CH₄ en fonction des valeurs par défaut disponibles dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

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. Une comparaison des valeurs interannuelles des émissions a été effectuée 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, comme 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

Les paramètres des matériaux – la teneur en carbone organique dégradable (COD), la fraction de COD qui se décompose dans des sites d'enfouissement (COD_f) et le taux de décomposition (k) – ont été mis à jour pour plusieurs catégories de matériaux de sorte qu'un plus grand nombre de paramètres du modèle concordent avec la Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2019). Un changement notable touchait la catégorie de déchets « Autres », qui a

été mise à jour et paramétrée par catégorie de source de déchets. Un sondage sur les matériaux habituellement regroupés dans « Autres » dans les études de caractérisation des déchets à la source a été utilisé pour guider les valeurs de COD actualisées. Les matériaux typiques de la catégorie de déchets « Autres » sont des matières fines, des articles d'hygiène personnelle, du mobilier et des objets volumineux; dans le cas de déchets provenant de la construction et de la démolition (C et D), la catégorie « Autres » comprend généralement seulement les matériaux inertes. Les nouvelles valeurs de COD sont de 0,1 pour les déchets résidentiels, de 0,05 pour les déchets industriels, commerciaux et institutionnels (ICI) et de 0,0 pour les déchets de la construction et de la démolition (C et D).

Les recalculs ont entraîné une diminution des émissions pour toutes les années, à divers degrés selon les régions et au fil du temps – le changement réel dépend de la composition des matériaux et de l'historique du dépôt des déchets. En général, les estimations d'émissions attribuables aux sites d'enfouissement de déchets solides municipaux ont diminué de 3,5 Mt (18 %) en 1990, de 4,7 Mt (21 %) en 2005 et de 5,0 Mt (23 %) en 2020.

7.2.6. Améliorations prévues

Les possibilités d'obtenir des données améliorées sur les quantités et les types de déchets enfouis dans les provinces sont actuellement à l'étude. Une collaboration accrue avec les autorités provinciales et d'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.

7.3. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels (catégorie 5.A.2 du CUPR)

7.3.1. Description de la catégorie de sources

Les Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels appartiennent à des intérêts privés et sont exploités par des entreprises forestières, comme des scieries et des usines de pâtes et papiers. Ces industries se servent des sites d'enfouissement pour éliminer les résidus ligneux excédentaires, dont la sciure, les copeaux de bois, l'écorce, la cendre et les résidus de traitement des eaux usées. Les déchets ligneux 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). Certaines entreprises ont manifesté un intérêt croissant pour les projets de récupération d'énergie qui produisent de la vapeur ou de l'électricité par combustion de ces déchets. Depuis quelques années, le bois résiduel, jadis considéré comme un déchet, est maintenant traité comme un produit à valeur ajoutée, par exemple des granules de bois pour les poêles et les chaudières à granules résidentiels et commerciaux, de même que des panneaux comprimés, des panneaux de fibres et des panneaux de particules.

Les sites d'enfouissement de déchets de bois sont déclarés comme des sites d'enfouissement non gérés dans le CUPR. L'élimination des déchets de bois industriels représente 4,7 % (0,9 Mt d'éq. CO₂) des émissions attribuables aux déchets en 1990, 4,5 % (1,0 Mt) en 2005, et 3,3 % (0,7 Mt) en 2021.

7.3.2. Questions de méthodologie

Comme il a été indiqué précédemment, la demande croissante pour des applications de récupération des déchets 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 disponibles indiquent que l'enfouissement des déchets provenant d'installations de pâtes et papiers se poursuit. Toutefois, les données disponibles sur la quantité de déchets envoyés dans les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels sont limitées, et, par conséquent, l'interpolation entre des points de données est nécessaire.

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 ligneux.

7.3.3. Recalculs

Les émissions des sites d'enfouissement de déchets de bois sont composées des émissions de deux industries, soit l'industrie du bois massif et l'industrie des pâtes et papiers. Les recalculs ont été effectués pour la composante des pâtes et papiers du calcul des émissions attribuables aux déchets de bois industriel. Selon les nouvelles données qui ont permis de mieux comprendre la quantité et la composition des résidus de pâtes et papiers, quatre catégories ont été utilisées pour représenter les données sur les activités : déchets de bois, cendre, résidus du traitement des eaux et autres déchets. Des données de sondage ont été utilisées pour quantifier les déchets éliminés dans chaque catégorie de 2005 à l'année courante à l'aide de l'application d'une interpolation linéaire pour représenter les valeurs manquantes. Pour la période antérieure à 2005, une corrélation entre la quantité de déchets ligneux résiduels enfouis et les données liées au produit intérieur brut (PIB) propre à l'industrie des pâtes et papiers a été utilisée pour rétrointerpoler les données sur les activités jusqu'à l'année 1981 (la quantité totale de déchets résiduels a été présumée être constante avant 1981). Les données liées au PIB ont également été utilisées pour établir les ratios utilisés pour classer les émissions selon les provinces. Les données sur les activités de l'industrie des pâtes et papiers de la province du Québec ont été utilisées pour répartir les données sur les activités nationales en quatre types de déchets (déchets ligneux, cendre, résidus de traitement des eaux et autres) de 1970 à 2004. Les paramètres d'entrée appropriés pour le modèle de dégradation de premier ordre (coefficient d'oxydation, facteur de correction du méthane, fraction de méthane, taux de dégradation et teneur en carbone organique dégradable) ont été sélectionnés pour représenter chacun de ces types de résidus en fonction d'une analyse documentaire. Afin de saisir le temps de dégradation supplémentaire de l'élimination historique des déchets, le début du modèle a été étendu à 1941 (à partir de 1970).

Le recalcul des émissions estimées totales de l'industrie de déchets de bois industriel a diminué d'environ 67 à 70 %, avec une pointe de réduction d'équivalent CO₂ de 3,4 Mt à 1,0 Mt.

7.3.4. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le niveau d'incertitude associée aux émissions de CH₄ provenant des sites d'enfouissement de DSM et des sites d'enfouissement de déchets de bois a été estimé à un maximum de 190 % pour le CH₄.

7.3.5. 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 du CUPR)

7.4.1. Description de la catégorie de sources

Cette catégorie de sources inclut les émissions provenant du compostage et de la digestion anaérobie dans les installations de biogaz. 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 par 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 entraînent la production d'émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Toutefois, les émissions de CO₂ ne sont pas incluses dans le total de l'inventaire national, car le carbone est considéré comme étant d'origine biogénique et comptabilisé dans le secteur de l'Agriculture, de la foresterie et autres affectations des terres (AFAAT) (GIEC, 2006).

En 2021, la catégorie du Traitement biologique des déchets solides a émis 358 kt d'éq. CO₂ ou 1,7 % des émissions totales du secteur des déchets et 0,05 % des émissions totales au Canada. Les émissions ont été de 285 kt (388 %) supérieures au niveau de 1990 qui étaient de 73 kt.

7.4.2. Questions de méthodologie

L'estimation des émissions de CH₄ et de N₂O provenant du traitement biologique des déchets au Canada est effectuée au moyen d'une méthode de niveau 3. Des données au niveau des installations sont disponibles pour ce qui est des installations 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 Environnement et Changement climatique Canada. Les émissions provenant du compostage sont calculées en fonction du type de déchets acceptés en tonnes humides au niveau des installations au Canada. Les coefficients d'émission par type de déchets ont été élaborés au moyen d'un examen interne de la documentation visant à compiler des renseignements provenant de sources primaires (ECCC, 2020a).

Dans la catégorie du Traitement biologique des déchets solides, les émissions de la digestion anaérobie sont calculées uniquement pour les installations industrielles ou municipales. Les émissions sont calculées comme étant le pourcentage de CH₄ perdu à partir du biogaz total produit au niveau des installations. Ce pourcentage a été établi à partir de la littérature primaire et/ou des observations fondées sur les installations et compilé au moyen d'un examen interne 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. Afin de combler les lacunes dans toute la série chronologique, le premier point de données disponible est reporté à 1990 pour les installations qui étaient connues comme étant ouvertes à ce moment-là. Autrement, le dernier point de données disponible est reporté au prochain point de données disponible dans le temps. Pour la digestion anaérobie, il n'y avait aucune installation dans le secteur industriel/municipal en activité en 1990. Par conséquent, le premier point de données disponible pour l'installation est reporté à son année d'ouverture, et il est également reporté jusqu'au prochain point de données disponible pour l'installation. Pour une meilleure assurance de la qualité, les données totales sur les activités de compostage et de digestion anaérobie ont été comparées à celles de 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]). L'ensemble de données de Statistique Canada comprend les déchets réacheminés en un seul tonnage vers le compostage et la digestion anaérobie.

7.4.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes combinées pour les émissions de CH₄ et de N₂O 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 CH₄ pour la digestion anaérobie. L'incertitude varie d'un maximum de $\pm 176\%$ à $\pm 99\%$ pour le CH₄ et de $\pm 136\%$ à $\pm 65\%$ pour le N₂O, selon le type de déchets pour le compostage et $\pm 79\%$ pour le CH₄ pour la perte fugitive liée à la digestion anaérobie. Ces données sont fondées sur les coefficients d'émission recueillis dans la littérature primaire et compilés dans le cadre d'une analyse de littérature interne. L'incertitude des données sur les activités n'a pas été calculée, puisque les données proviennent directement 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 vérifier tous les aspects des calculs d'estimation des émissions, dont :

- les données sur les activités téléchargées et saisies manuellement
- les calculs pour reporter les données sur les activités aux années ultérieures ou antérieures pour combler les lacunes dans la série chronologique
- les coefficients d'émission saisis
- les conversions des unités et calculs des émissions

Les données sur les activités finales et les tendances des émissions ont été tracées pour déterminer les valeurs aberrantes. Les estimations des émissions recalculées ont également été comparées aux estimations d'inventaire antérieures pour s'assurer que les changements dans les niveaux d'émission sont cohérents.

7.4.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette sous-catégorie.

7.4.6. Améliorations prévues

Les possibilités d'obtention de données améliorées sur les quantités de déchets compostés et/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 du CUPR)

7.5.1. Description de la catégorie de sources

Cette catégorie comprend les émissions provenant de l'incinération des déchets. Il y a actuellement 33 incinérateurs en exploitation 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 sont supposées négligeables, étant inférieures au seuil de déclaration de 500 kt d'éq. CO₂ et de 0,05 % des émissions totales de GES à l'échelle nationale.

Les émissions provenant de l'incinération des déchets comprennent les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les émissions de CO₂ provenant de la combustion de déchets de biomasse ne sont pas incluses dans les totaux de l'inventaire. Les seules émissions de CO₂ 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 CH₄ et de N₂O 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 Environnement et Changement climatique Canada (ECCC, 2022c), 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 sont incinérés, principalement dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Depuis les années 2000, seulement environ 3 à 4 % des DSM totaux au Canada sont incinérés. La grande majorité des DSM incinérés au Canada sont traités dans de grandes installations hautement réglementées. Cependant, il y a encore un petit nombre de collectivités éloignées qui dépendent d'incinérateurs rudimentaires pour l'élimination de leurs DSM. Il y a actuellement trois incinérateurs en exploitation au Canada qui 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-presses. Il y a actuellement deux grands incinérateurs de déchets cliniques centralisés au Canada, l'un en Ontario et l'autre en Alberta. Ils ont produit près de 80 % des émissions de GES provenant de l'incinération des déchets cliniques. Les 20 % restants des émissions de GES proviennent d'un certain nombre de petits incinérateurs en milieu hospitalier et d'incinérateurs exploités par le gouvernement du Canada.

La catégorie Incinération et combustion à l'air libre des déchets a produit 152 kt d'éq. CO₂ (0,72 %) des émissions totales du secteur des Déchets, soit 0,02 % des émissions totales du Canada en 2021. Les émissions de cette catégorie sont de 43 % sous le niveau de 1990 de 265 kt d'éq. CO₂.

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. CO₂ par année sont tenues de déclarer leurs émissions à Environnement et Changement climatique Canada 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 internes 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. Veuillez consulter l'Annexe 3.6 pour plus de détails. Des estimations internes sont également dérivées pour les émissions historiques des installations qui étaient en exploitation avant la mise en place du PDGES en 2004. Cela comprend les installations actuellement en exploitation qui l'étaient aussi avant 2004 et celles qui ont fermé avant le début du programme.

Les estimations internes sont élaborées en utilisant les 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 N₂O et de CH₄ 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, sauf pour les déchets dangereux, pour lesquels les coefficients d'émission ont été calculés à l'aide des données spécifiques au site d'une installation, lesquelles sont 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 ont été appliqués conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques de 2000, qui recommande l'emploi des coefficients d'émission pour les DSM lorsque des coefficients d'émission propres aux déchets des hôpitaux et des cliniques ne sont pas disponibles.

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 et/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. Voir l'Annexe 3.6 pour plus de détails.

7.5.3. 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. L'incertitude des données sur les activités est de $\pm 5\%$, tandis que les incertitudes liées aux coefficients d'émission de CO₂, de CH₄ et de N₂O sont de $\pm 34\%$, de $\pm 98\%$ et de $\pm 86\%$, respectivement.

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

Une enquête a été menée cette année qui a entraîné certaines mises à jour des quantités de déchets incinérés à chacune des installations.

7.5.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration n'est prévue pour la catégorie de l'Incinération et combustion à l'air libre de déchets.

7.6. Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D du CUPR)

7.6.1. Description de la catégorie de sources

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. Cependant, les eaux usées peuvent également être traitées dans des fosses septiques privées et parfois communautaires, notamment dans les zones rurales. Dans certaines régions côtières, les eaux usées non traitées sont rejetées directement à la mer. La plupart des installations industrielles rejettent leurs eaux usées dans les réseaux de traitement municipaux. Plusieurs grandes installations industrielles 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 y subir un autre traitement.

Le traitement des eaux usées implique l'élimination des matières organiques, mesurée comme la demande biologique en oxygène, ou DBO₅, et des éléments nutritifs. Le traitement entraîne l'émission de CO₂, de CH₄ et de N₂O.

Les systèmes de traitement centralisés peuvent englober plusieurs technologies, souvent classées selon le degré d'élimination des solides, la réduction de la teneur en matières organiques (mesurée sous forme de DBO₅) et l'élimination des éléments nutritifs. Le niveau de traitement est classé comme suit : primaire (élimination des solides, uniquement), secondaire (élimination des solides, traitement biologique et, parfois, élimination des éléments nutritifs) et tertiaire (traitement biologique approfondi, élimination des éléments nutritifs et un traitement de désinfection supplémentaire).

Les types de systèmes de traitement les plus courants au Canada sont les systèmes centralisés de traitement primaire et secondaire, les lagunes aérobies et les lagunes facultatives, et les fosses septiques. Les rejets d'eaux usées non traitées dans la mer ont diminué, mais ils sont encore effectués dans certaines régions côtières. Des systèmes de traitement en terres humides, des réacteurs discontinus séquentiels, des lagunes anaérobies et certains autres types de traitement sont également utilisés au Canada. Bon nombre des plus grands systèmes au Canada offrent un traitement de niveau tertiaire.

Le traitement des eaux usées produit du CH₄ en quantités variables selon la charge organique (DBO₅) — déterminée par la population — et le type de traitement. Du CH₄ est produit à partir de certains procédés de traitement, étapes ou milieux à l'intérieur des systèmes de traitement anaérobie. Par exemple, les étangs de traitement primaire et secondaire et les lagunes aérobies produisent peu ou pas d'émissions de CH₄, tandis que les étapes anaérobies dans les réacteurs discontinus séquentiels, les lagunes anaérobies et les fosses septiques produisent des quantités relativement plus élevées de CH₄. Les lagunes facultatives ont à la fois des couches naturellement aérées et des couches anaérobies et produisent du CH₄, mais moins qu'une lagune complètement anaérobie.

Les usines centralisées de traitement des eaux usées de niveau secondaire ou tertiaire comprennent souvent une digestion anaérobie des boues, laquelle produit du CH₄ sous forme de biogaz ou de gaz digesteurs. Le CH₄ généré dans ces systèmes est généralement confiné et brûlé. La quantité de biogaz récupéré est montrée dans la Figure 7-2. Pour le traitement des eaux usées industrielles, 2,4 kt de CH₄ ont été récupérés en 1990, dont 2,3 kt de CH₄ ont été brûlés et 0,1 kt de CH₄ a été utilisé. En 2021, la quantité de CH₄ récupéré a augmenté de 517 % (14,8 kt de CH₄) et de cette quantité, 6,8 kt de CH₄ a été brûlé et 8,1 kt a été utilisé. Le CH₄ récupéré pour le traitement des eaux usées municipales a augmenté de 125 % de 1990 (54,7 kt) à 2021 (123,1 kt), de cette quantité, le CH₄ brûlé a augmenté de 33,2 kt à 86,6 kt et le CH₄ utilisé a augmenté de 21,5 kt à 36,5 kt. La récupération du méthane du traitement des eaux usées comprend la récupération de biogaz produit par la digestion anaérobie des boues.

Figure 7-2 Méthane récupéré du traitement 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. Il est considéré que les émissions de N_2O proviennent également du plan d'eau récepteur des effluents déversés, que ces effluents soient traités ou non.

Les systèmes de traitement aérobie et anaérobie produisent également du CO_2 . Toutefois, comme il est précisé à la section 7.1, les émissions de CO_2 imputables à la décomposition de la matière organique ne sont pas incluses dans le total des estimations nationales du secteur des Déchets.

La catégorie du Traitement et rejet des eaux usées a produit 2 613 kt d'éq. CO_2 soit 12,4 % des émissions totales du secteur des Déchets et 0,39 % des émissions totales du Canada en 2021. Les émissions de cette catégorie en 2021 étaient de 1 046 kt d'éq. CO_2 (66,8 %) supérieures au niveau de 1990 qui était de 1 567 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 tendance de 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, tandis que la modernisation de plusieurs grands systèmes de traitement des eaux usées, des rejets en mer non traités au traitement primaire dans d'autres provinces, réduit les émissions. Dans l'ensemble, la tendance à la hausse des émissions est relativement stable, avec une légère accélération en 2010 et 2011, en grande partie en raison d'une augmentation de la population qui utiliserait 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. Cela s'explique en partie par l'hypothèse d'une charge de matières organiques constante par habitant (DBO_5) 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 disponibles) (Statistique Canada, 2009).

7.6.2. Questions de méthodologie

L'Annexe 3.6 fournit des informations supplémentaires sur les méthodologies utilisées dans les diverses catégories de cette catégorie.

L'approche utilisée pour estimer les émissions de CH_4 attribuables au traitement des eaux usées municipales est fondée sur la quantité de matière organique produite par personne au Canada et la transformation de la matière organique en CH_4 dans des systèmes de traitement anaérobie, selon les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006; AECOM Canada, 2011).

Les coefficients d'émission sont propres à chaque type de traitement. Ils sont tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) et de l'Amélioration de 2019 (GIEC, 2019), à l'exception de certains coefficients pour des types de traitement non décrits dans les Lignes directrices. Le défi méthodologique consiste à déterminer le nombre de personnes desservies par chaque type de système de traitement des eaux usées (p. ex., fosse septique, lagune, sans traitement). La population utilisant des fosses septiques a été déterminée à partir d'une analyse de l'Enquête sur les ménages et l'environnement de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [a]). La population desservie par chacun des systèmes de traitement ou d'élimination des eaux usées (plus de 3 000 systèmes) au Canada a été estimée d'après les volumes régionaux relatifs d'eaux usées traitées par cette installation ou ce système (ou rejetées par eux) et la population régionale, au niveau de la région métropolitaine de recensement. Pour une description plus complète de la méthode, veuillez consulter l'Annexe 3.6.

Les émissions provenant du traitement des eaux usées industrielles sont fondées sur les émissions de GES déclarées au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES). En outre, pour compléter cette information, Environnement et Changement climatique Canada réalise également des sondages par installation pour obtenir des renseignements sur les émissions de CH_4 , et pour saisir et utiliser des données provenant d'installations industrielles qui traitent leurs effluents de façon anaérobie sur place. Les données des installations sont mises à jour (ajout de nouvelles données, révision ou correction des données existantes) à chaque sondage. Le plus récent sondage a eu lieu en 2022. Pour une description complète de la méthode, veuillez consulter l'Annexe 3.6.

Il est estimé que les émissions de N_2O selon la quantité d'azote mesurée dans les eaux usées, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). La quantité d'azote rejeté dans les eaux usées est estimée d'après la consommation de protéines par habitant, dont des coefficients sont appliqués pour représenter le co-déversement industriel et commercial et de l'azote supplémentaire provenant de produits ménagers; l'azote perdu pendant le traitement est pris en compte dans les estimations. Les émissions fondées sur l'azote des effluents qui est rejeté dans un plan d'eau récepteur sont également incluses. Pour une description complète de la méthode, veuillez consulter l'Annexe 3.6.

7.6.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Le niveau global d'incertitude associé à la catégorie du Traitement et rejet des eaux usées a été estimé à $\pm 55\%$ pour le CH_4 et à $\pm 51\%$ pour le N_2O , d'après les incertitudes par défaut du GIEC (2006).

La mise à jour des données sur les activités pour le traitement et le rejet des eaux usées municipales nécessitera une évaluation actualisée de l'incertitude. Cette évaluation est en cours et est planifiée pour être intégrée dans le prochain inventaire.

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 appropriés 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 manipulation des données.

7.6.5. Recalculs

Les recalculs liés aux eaux usées municipales et industrielles sont fondés en grande partie sur les résultats de la dernière enquête sur les eaux usées.

7.6.6. Améliorations prévues

Des efforts sont en cours en vue de caractériser les types de plans d'eau récepteurs pour tous les systèmes de traitement des eaux usées au Canada dans le but d'appliquer des coefficients d'émission provenant des effluents propres aux plans d'eau.

RECALCULS ET MESURES D'AMÉLIORATION

8.1. Incidence des recalculs sur les niveaux et les tendances des émissions	247
8.2. Améliorations apportées à l'inventaire	254
8.3. Améliorations prévues à l'inventaire	255

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 la complétude, la cohérence et l'exactitude de l'information fournie. 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 principales 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 de départ 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 développées, 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)

8.1.1. Incidences estimées sur les niveaux et les tendances des émissions

Dans l'inventaire de GES de cette année, les émissions totales ont été révisées à la baisse pour toutes les années, comme indiqué à la Figure 8–1. Dans l'ensemble, de recalculs des estimations déclarées antérieurement ont donné lieu à une diminution des émissions de 0,9 à 1,3 pour cent (6 à 9 Mt) des émissions pour la période de 1990 à 2015, et à une diminution légèrement plus grande, de 1,4 à 2 pour cent (10 à 14 Mt), pour la période de 2016 à 2020.

La tendance entre 1990 et 2020 fait maintenant état d'une hausse de 11,9 % des émissions totales de GES depuis 1990, en comparaison avec la hausse de 13,1 % du Rapport d'inventaire national (RIN) de l'an dernier. Il y a eu une diminution nette de 9 Mt pour l'année de référence 2005 (Tableau 8–1).

Figure 8–1 Comparaison des tendances d'émissions (RIN 2022 par rapport au RIN 2023)

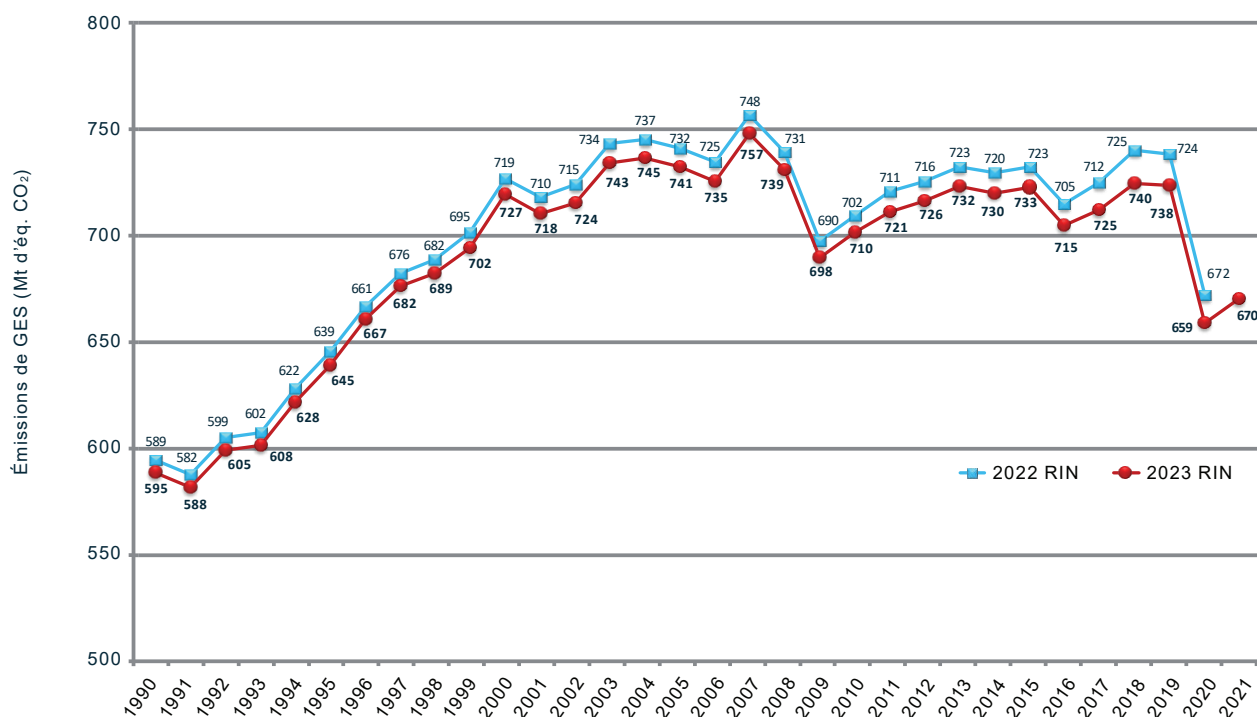


Tableau 8–1 Sommaire des recalculs du Rapport d'inventaire national de 2023 (à l'exception du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie)

Total national	Émissions annuelles (kt d'éq. CO ₂)								Tendance	
	1990	2000	2005	2016	2017	2018	2019	2020	(1990–2020)	(2005–2020)
Rapport antérieur (RIN 2022)	594 722	726 987	741 182	715 094	725 014	740 005	738 283	672 354	13,1 %	-0,4 %
Rapport actuel (RIN 2023)	588 603	719 464	732 219	704 926	712 232	724 615	723 679	658 788	11,9 %	-1,2 %
Variation des émissions totales	-6 119	-7 524	-8 963	-10 168	-12 782	-15 390	-14 604	-13 566	-	-
	-1,03 %	-1,03 %	-1,21 %	-1,42 %	-1,76 %	-2,08 %	-1,98 %	-2,02 %	-	-

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 (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 tous les 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) et sous-secteurs de l'énergie (Sources de combustion fixes, Transports et Sources fugitives) et pour toutes les années comprises dans la série chronologique (1990–2020).

Ces révisions sont en grande partie dues à l'amélioration des méthodes d'estimation ainsi qu'à la mise à jour des données sur l'énergie. Comme présenté au Tableau 8–2, les plus importants changements pour 2020 qui découlent des révisions apportées sont constatés dans les Transports (-11,2 Mt), les Déchets (-6,3 Mt) et les Sources fugitives (+5,7 Mt). La somme des révisions apportées aux secteurs PIUP et Agriculture est presque nulle. Les révisions pour certaines années de la série chronologique sont présentées dans le Tableau 8–3.

Tableau 8-2 **Variations dans les émissions de GES au Canada : de 672 Mt (en 2020, rapport précédent) à 670 Mt (en 2021, rapport actuel)**

Secteur	Variations de 2020 à 2021 (Mt d'éq. CO ₂)	Variations de 2020 en raison de recalculs (Mt d'éq. CO ₂)
Énergie (Sources de combustion fixes)	2,6	-2,1
Énergie (Transports)	9,0	-11,2
Énergie (Sources fugitives)	-0,2	5,7
Procédés industriels et utilisation des produits	1,6	0,0
Agriculture	-1,2	0,3
Déchets	0,0	-6,3
Variations totales	11,6	-13,6

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

Énergie (Sources de combustion fixes)

En ce qui concerne les émissions de sources de combustion fixes, la plupart des recalculs pour 2020 ont été effectués dans les catégories Industries de raffinage du pétrole (-1,2 Mt), Extraction de pétrole et de gaz (-0,8 Mt), Production d'électricité et de chaleur du secteur public (-0,6 Mt), Commercial et institutionnel (-0,3 Mt), et Industries manufacturières (+0,9 Mt). Des recalculs ont également été faits tout au long de la série chronologique, la principale source étant la mise à jour des CE associés au gaz naturel, au charbon anthracite, et au coke de pétrole. Voir la section 3.1 pour des précisions sur ces recalculs.

Les recalculs pour les Industries de raffinage du pétrole sont le résultat de la mise à jour des CE et des révisions du Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie (BDEE), plus précisément de la diminution des volumes pour le gaz naturel, le coke de pétrole, et les gaz de distillation.

Les recalculs dans la catégorie Extraction de pétrole et de gaz ont été effectués pour la période de 1996 à 2020. La révision des CE associés au gaz naturel consommé par les producteurs à Terre-Neuve-et-Labrador a entraîné des révisions à la baisse pour les années 1996 à 2020, variations de -0,3 kt en 2016 à -0,2 Mt en 2018. La mise à jour des volumes de gaz naturel a entraîné une révision à la hausse en 2018 et des révisions à la baisse en 2019-2020.

Les recalculs dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public ont été effectués pour la période de 1995 à 2020. Les recalculs entre 2010 et 2020 sont le résultat d'un changement de méthode, lequel a entraîné une révision des CE associés au coke de pétrole, qui varient entre -0,04 Mt à -0,1 Mt. Les révisions apportées aux volumes de gaz naturel entre 1995 et 2020 ont entraîné des variations des émissions de -0,5 Mt à +0,3 Mt.

Les recalculs dans la catégorie Commercial et institutionnel ont été réalisés pour toute la série chronologique, ce qui a entraîné d'importantes révisions pour les années 2016 à 2020. Ces importantes révisions découlent d'une diminution des volumes de gaz naturel, partiellement contrebalancée par l'augmentation des volumes de propane. Avant 2016, les recalculs sont le résultat des quantités révisées des gaz de sites d'enfouissement utilisés à des fins de production d'énergie.

Des recalculs dans la catégorie Industries manufacturières ont été réalisés pour toute la série chronologique, en raison de la mise à jour des CE de l'anthracite et des révisions apportées au BDEE.

Des recalculs dans la catégorie Résidentiel ont été réalisés pour la période de 1999 à 2020, ce qui a entraîné d'importantes révisions pour l'année 2010 et les années 2016 à 2018. Ces révisions sont le résultat d'une diminution des volumes de gaz naturel. D'autres recalculs ont été effectués à la suite de corrections apportées aux CE associés au gaz naturel.

Énergie (Transports)

Les recalculs pour le secteur des Transports ont été faits pour l'ensemble de la série chronologique. À l'échelle du secteur, les plus importantes modifications aux émissions sont attribuables aux corrections apportées à la consommation de carburant diesel, déterminée à partir des données du BDEE pour 2010 et les années suivantes, ainsi qu'aux corrections apportées à la consommation d'essence pour moteurs, déterminée à partir des données du BDEE pour 2018 et les années suivantes. Les répercussions de ces corrections ont été les moins importantes en 2010, avec une révision de -1,1 Mt (-0,6 %), et les plus importantes en 2020, avec une révision de -11,2 Mt (-5,9 %). Les mises à jour méthodologiques applicables aux transports ont eu un impact minimal sur les émissions au niveau sectoriel.

À l'échelle du sous-secteur, les modifications apportées aux émissions ont été les plus importantes dans le Transport routier et le Transport hors route, en raison de la réaffectation des combustibles dans le BDEE. L'Outil d'inventaire des émissions des navires (OIEN) a été révisé pour les années civiles 2015, 2016, 2017 et 2018, et de nouvelles données sur les activités pour 2019 et 2020 ont été intégrées dans le modèle basé sur la consommation de carburant maritime. Même si la

quantité de carburant consommé dans le sous-secteur des Transports est établie dans le BDEE, les mises à jour suivantes apportées aux méthodes ont entraîné une réaffectation du carburant consommé dans les différents types de véhicules et d'équipements associés au Transport routier et au Transport hors route :

1. mise à jour de la méthode d'affectation du carburant consigné dans le BDEE aux véhicules routiers et aux véhicules/équipements hors route
2. mise à jour des valeurs estimées du parc de véhicules routiers
3. mise à jour du taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers
4. transition vers un modèle amélioré de calcul des émissions des véhicules routiers
5. mise à jour des valeurs du parc de véhicules hors route et des équipements motorisés hors route

D'autres mises à jour apportées aux méthodes qui ont également touché les valeurs estimatives relatives au Transport routier et au Transport hors route, mais dans une moindre mesure :

1. ajout de nouveaux coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O pour les véhicules routiers
2. l'estimation des émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant de la combustion d'huile de graissage dans des moteurs à deux temps, en les distinguant des émissions provenant de l'essence dans ces moteurs

L'application des méthodes mises à jour, en plus des corrections apportées au BDEE, a entraîné d'importantes variations des émissions attribuables les sous-catégories au Transport routier et au Transport hors route pour l'ensemble de la série chronologique. À l'échelle des sous-secteurs, il y a eu d'importantes diminutions, de -0,7 Mt (-1,8 %) à -12,4 Mt (-28 %), dans le Transport hors route entre 1990 et 1999, contrebalancées par des augmentations de +1,4 Mt (1,3 %) à +13,8 Mt (16 %) dans le Transport routier pour la même période. Pour l'année 2000 et les années suivantes, d'importantes augmentations, de +1,4 Mt (4,5 %) à +14,8 Mt (43 %), ont été constatées dans le Transport hors route, contrebalancées par des diminutions de -1,0 Mt (-0,8 %) à -20,9 Mt (-14 %) dans le Transport routier pour la même période. Ces variations aux totaux des sous-secteurs sont principalement attribuables à la mise à jour de la méthode permettant de mieux affecter le carburant consigné dans le BDEE aux véhicules routiers et aux véhicules et équipements hors route.

À l'échelle des sous-catégories pour la période de 1990 à 1999, ce sont les Véhicules lourds à moteur diesel, les Véhicules légers à essence et les Camions légers à essence qui contribuent à la plupart des augmentations observées dans le Transport routier, tandis que la sous-catégorie Transport hors route : Autres contribue à la plupart des diminutions constatées dans le Transport hors route. Au cours de l'année 2000 et des années suivantes, les Véhicules lourds à moteur diesel et les Véhicules lourds à essence contribuent à la plupart des diminutions observées dans les Transports routiers, tandis que les augmentations constatées dans les Véhicules hors route : Commercial et institutionnel et les Véhicules hors route : Fabrication, mines et construction contribuent à la plupart des augmentations observées dans le Transport hors route. En ce qui concerne le Transport routier, la réaffectation des émissions dans les sous-catégories est principalement le résultat des changements apportés aux parcs de véhicules routiers, du taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers et de la transition vers un modèle amélioré de calcul des émissions des véhicules routiers comprenant des mises à jour des taux de consommation d'énergie. En ce qui a trait au Transport hors route, la réaffectation des émissions dans les sous-catégories est principalement le résultat de modifications dans les parcs de véhicules et d'équipements hors route.

Pour des précisions sur les modifications apportées aux méthodes relatives aux Transports, veuillez consulter l'Annexe 3.1

Énergie (Sources fugitives)

D'importants recalculs ont été effectués dans la catégorie Pétrole et gaz naturel du sous-secteur Sources fugitives, pour toute la série chronologique. Dans l'ensemble, les émissions ont été révisées à la baisse pour les années 1990 à 2019, les variations s'échelonnant de -0,79 Mt (1,1 %) en 2015 à -3,1 Mt (4,1 %) en 2006. En 2020, les émissions ont été révisées à la hausse, soit de +5,7 Mt (11,7 %). Ces recalculs découlent de plusieurs mises à jour méthodologiques, lesquelles ont eu des répercussions diverses :

1. Évacuation déclarée en Alberta : les volumes de gaz d'évacuation déclarés pour la période de 1990 à 2019 (c.-à-d. l'évacuation déclarée) en Alberta ne comprenaient pas les émissions provenant des instruments pneumatiques, des joints de compresseurs, et des déshydrateurs au glycol; ces sources devaient faire l'objet d'estimations distinctes. En vigueur depuis le 1^{er} janvier 2020, l'Alberta a modifié ses exigences en matière de déclaration pour inclure les instruments pneumatiques, les joints de compresseurs et les déshydrateurs au glycol aux données volumétriques d'évacuation déclarées. Pour tenir compte de la divergence dans la définition des gaz d'évacuation qui découle de ce changement, la méthode de traitement des émissions d'évacuation déclarées a été mise à jour pour intégrer les données du système de déclaration OneStop de l'Alberta. Pour des précisions particulières sur la manière dont les données OneStop sont intégrées afin de mieux assurer la cohérence méthodologique pour les années 2020 et suivantes, veuillez consulter l'annexe 3.2 à la section A3.2.2.1.5. Ce changement de méthode n'a eu d'incidence que sur les estimations de l'année 2020, qui ont été révisées à la hausse de 3,6 Mt.

2. **Modèle des émissions fugitives (MEF)** : veuillez consulter la section A3.2.2.1.3 de l'annexe 3.2 pour des précisions sur la méthode du MEF visant à estimer les émissions qui découlent des fuites fugitives de l'équipement, des appareils pneumatiques et des joints de compresseurs aux installations pétrolières et gazières en amont. Plusieurs paramètres du modèle ont été améliorés, dont le dénombrement des installations, les données de composition des gaz, et d'autres paramètres propres aux sources utilisés dans le MEF. Ces modifications cumulées ont entraîné des révisions à la baisse pour les années 1990 à 2020, lesquelles varient de -0,011 Mt en 2020 à -4,8 Mt en 2006. Les ajustements apportés spécialement pour les émissions fugitives issues des fuites d'équipement pour l'année 2020 ont entraîné une révision à la hausse des émissions, mais dans l'ensemble, les mises à jour ont entraîné des révisions à la baisse en raison de l'inclusion du dénombrement des installations et de données de composition des gaz propres à la Saskatchewan, ainsi que d'autres mises à jour du nombre d'installations pour les provinces de la Colombie-Britannique, de l'Alberta et du Manitoba.
3. **Émissions fugitives en aval du compteur** : pour la première fois, les émissions fugitives en aval du compteur ont été incluses comme une source d'émissions. Les émissions post-compteur comprennent les fuites en aval des compteurs de gaz. Elles proviennent de fuites dans les appareils au gaz naturel des secteurs commercial et résidentiel, de fuites dans les véhicules au gaz naturel, et de fuites dans les installations industrielles. Pour des précisions concernant cette méthode, consulter l'annexe 3.2 à la section A3.2.2.7. L'inclusion des émissions fugitives en aval du compteur pour l'ensemble de la série chronologique a entraîné des hausses des émissions estimées de 1,1 Mt en 1990 à 1,9 Mt en 2020.
4. **Puits de pétrole et de gaz abandonnés** : les changements comportaient l'adoption de CE propres au Canada pour le méthane, ainsi que de méthodes mises à jour pour l'estimation du nombre de puits abandonnés dans chaque province. À l'échelle nationale, ces mises à jour ont entraîné des révisions à la hausse pour toutes les années, de 0,11 Mt en 1990 à 0,28 Mt en 2019. Consulter l'annexe 3.2 à la section A3.2.2.6 pour des précisions concernant les CE et les dénombrements de puits utilisés avec la nouvelle méthode.
5. **Torchage à Terre-Neuve-et-Labrador** : de nouveaux CE pour le brûlage des gaz à la torche aux installations extracôtières de Terre-Neuve-et-Labrador ont été élaborés à partir des émissions déclarées au PDGES et des volumes de gaz torchés déclarés à l'Office Canada-Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers (OCTNHE). Veuillez consulter l'annexe 3.2 à la section A3.2.3.1.4 pour des précisions. L'application de cette mise à jour a entraîné des révisions à la hausse pour les années 1997 à 2003, et des révisions à la baisse de 2004 à 2020. La plus forte hausse est de 0,20 Mt en 1998, et la plus forte baisse est de -0,07 Mt en 2018.
6. **Évacuation de gaz par les tubages de surface (ETS)** : l'estimation des émissions pour l'Alberta et la Colombie-Britannique repose sur les données déclarées par les exploitants et recueillies par chaque province, comme le décrit la section 3.2.2.1.4 de l'annexe 3.2. La mise à jour des déclarations des provinces et les corrections apportées aux dates de changement d'état des puits pour la mise en application de la méthode ont entraîné des révisions à la baisse de 1990 à 2019, la plus forte baisse étant de -0,06 Mt en 1998, et une révision à la hausse, soit 0,02 Mt, en 2020.

D'autres recalculs des émissions dans la catégorie Pétrole et gaz naturel ont été réalisés à la suite de mises à jour des données sur les activités. Les plus importants d'entre eux sont notamment les suivants :

1. **Transport, distribution et stockage du gaz naturel** : les données de longueur des gazoducs ont été mises à jour pour les années 2015 à 2020, entraînant des recalculs d'émissions pour cette période. Les révisions étaient à la baisse pour toutes les années, la plus faible étant de -0,002 Mt en 2015 et la plus forte, de 0,21 Mt en 2020.
2. **Rejet de CO₂ du gisement** : les estimations ont été revues à la hausse, de 0,10 Mt en 2019 à 0,16 Mt en 2020, à la suite de la mise à jour des données sur les activités en ce qui concerne les pertes aux installations de traitement de gaz naturel.
3. **Évacuation déclarée** : les émissions de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique ont été recalculées à partir des volumes déclarés de gaz évacués, entraînant des révisions pour la période de 2013 à 2020 allant d'une baisse de -0,11 Mt en 2017 à une hausse de 0,12 Mt en 2019.
4. **Raffinage du pétrole** : des recalculs mineurs ont été effectués pour l'ensemble de la série chronologique. Les estimations ont été revues à la baisse pour les années 1990, 1992, 1995, 1998-2002 et 2004-2018, la plus forte baisse étant de -0,004 Mt en 2010, et à la hausse pour toutes les autres années, la plus forte hausse étant de 0,02 Mt en 2020.

Procédés industriels et utilisation des produits

Des recalculs ont été effectués dans le secteur PIUP pour toute la série chronologique (1990–2020), entraînant des révisions de -0,60 Mt à +0,029 Mt.

Des recalculs dans la catégorie des Produits non énergétiques provenant de l'utilisation de combustibles et de l'utilisation de solvant ont été effectués pour les années 1990 à 2020, à la suite de révisions des données du BDEE de Statistique Canada et de la mise en œuvre de deux changements méthodologiques, à savoir la mise à jour du CE de l'antracite et le changement apporté à l'utilisation de combustible comme matière première pour la production d'éthylène. Ces recalculs ont entraîné des révisions de -0,48 Mt à +0,24 Mt, les années les plus touchées par les changements étant 2017 et 2020. Dans la catégorie Sidérurgie, un calcul a été effectué pour les années 2017 à 2020 en raison de changements apportés aux données déclarées par les installations au PDGES, entraînant des révisions de +0,0003 Mt en 2017 à +0,12 Mt en 2020. En ce qui concerne la catégorie de Production de ciment, des mises à jour ont été apportées aux données déclarées par les installations pour 2018, de même qu'une correction à la méthode de calcul de niveau 3 visant à ajouter les émissions de CO₂ provenant de la poussière de four de cimenterie non recyclée à celle produite par le four pour les années 2017 à 2020. Ces interventions ont requis de recalculs pour les années 2017 à 2020, entraînant des changements de 0,035 Mt en 2017 à 0,088 Mt en 2020.

Les valeurs d'émissions de la catégorie Production d'ammoniac ont dû être recalculées pour les années 1990 à 2020, entraînant des révisions de -0,17 Mt à -0,0049 Mt, en raison d'un changement apporté à la méthode pour tenir compte des activités de captage et de stockage du carbone (CSC) dans l'estimation des émissions et de l'utilisation du facteur de récupération corrigé pour la consommation de CO₂ dans la production d'urée. Les émissions issues de la production d'éthylène ont été recalculées à la suite d'une modification apportée à la méthode pour intégrer les changements d'utilisation de matière première à deux installations pour les années 2016 à 2020, entraînant des révisions de -0,03 Mt en 2017 à -0,43 Mt en 2019.

Les émissions estimatives des Autres utilisations de l'urée ont été recalculées et revues à la baisse pour les toutes les années, la plus forte baisse étant de 0,071 Mt en 2014. Ces recalculs ont été réalisés en raison de changements apportés aux données de Statistique Canada qui concernent l'exportation d'urée et de mélanges d'engrais urée-ammoniac-nitrate pour toutes les années, et de révisions des estimations de l'urée utilisée comme fluide d'échappement diesel dans les véhicules dotés d'un système de réduction catalytique sélective (RCS) pour les années 2008 à 2020, à la suite de la mise à jour de méthodes dans le secteur de l'Énergie (Transports).

Agriculture

Les recalculs dans le secteur de l'Agriculture ont été requis principalement en raison de l'intégration du Recensement de l'agriculture de 2021, lequel a entraîné d'importants recalculs pour les années 2018 à 2020. D'autres recalculs importants ont été réalisés en raison i) de mises à jour des données sur les activités à la suite des résultats d'enquêtes annuelles, ii) de l'ajout du monoxyde d'azote aux émissions indirectes associées à l'entreposage et à la manutention du fumier de porc, et iii) de corrections d'erreurs mineures associées aux émissions de N₂O en provenance du sol.

Par suite de ces recalculs, les émissions d'origine agricole ont été révisées à la baisse, de 43 kt en 1990 et de 29 kt en 2005, et à la hausse par 0,33 Mt en 2020.

Pour des précisions sur les améliorations apportées, veuillez consulter le Tableau 8–4.

Déchets

Les recalculs réalisés dans le secteur des Déchets ont entraîné une diminution des émissions estimatives de 5,4 Mt, de 7,0 Mt et de 5,7 Mt en 1990, en 2005 et en 2020, respectivement. Les recalculs ont été nécessaires en raison de modifications apportées à deux méthodes, dans les sous-secteurs Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels et Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement).

Le plus important calcul du secteur des Déchets a été requis à la suite de la mise à jour de paramètres de matières qui servent au modèle de dégradation de premier ordre pour l'estimation des émissions provenant des installations d'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement). Ces ajustements ont entraîné une diminution des émissions estimatives de 3,5 Mt en 1990, de 4,8 Mt en 2005 et de 5,0 Mt en 2020, par rapport à l'inventaire précédent.

Les émissions des déchets ligneux industriels ont été recalculées pour tenir compte des nouveaux renseignements disponibles quant aux pratiques de gestion des déchets dans l'industrie canadienne des pâtes et papiers, ainsi que de nouvelles données sur les activités. Les paramètres des matières utilisés dans le modèle de dégradation de premier ordre ont été révisés pour tenir compte de ces nouvelles données. Les changements ont entraîné une diminution des émissions estimatives de 2,0 Mt, de 2,3 Mt et de 0,8 Mt en 1990, en 2005 et en 2020, respectivement.

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

Des recalculs ont également été effectués pour estimer les émissions et les absorptions provenant du secteur de l'ATCATF, notamment dans les catégories Terres forestières et Terres cultivées. Les recalculs les plus importants découlent d'une harmonisation des données sur les activités avec celles du Recensement de l'agriculture de 2021, ce qui a entraîné d'importants recalculs pour 2018 à 2020, de corrections apportées aux données sur les activités relatives aux insectes en 2020, d'une correction apportée aux niveaux d'activités de brûlage des résidus d'abattage en Colombie-Britannique qui a touché les années 1990 à 2005, et l'application d'un retard de régénération d'une fraction des peuplements forestiers ayant subi des perturbations naturelles. D'autres calculs moins importants ont été refaits dans les catégories Terres forestières, Terres humides et Produits ligneux récoltés, principalement en raison de la mise à jour des hypothèses sur la proportion de chaque type de déforestation antérieure à une perturbation, de l'ajout de superficies déboisées et inondées associées à l'établissement d'un grand projet hydroélectrique au Québec, de la mise à jour des données sur les activités de 2020 relatives à l'extraction de tourbe, et de la mise à jour des données sur les activités liées à la bioénergie et à la récolte forestière classique.

Les incidences combinées de ces recalculs et d'autres recalculs mineurs dans le secteur ATCATF ont augmenté les absorptions nettes estimatives de 1,0 Mt (+1,5 %) pour l'année 1990, de 1,3 Mt (+31 %) en 2005 et de 6,6 Mt (+98 %) en 2020.

Veuillez consulter le Tableau 8-4 et le Chapitre 6 pour plus de renseignements sur les améliorations apportées.

	Émissions annuelles (kt d'éq. CO ₂)								Tendance	
	1990	2000	2005	2016	2017	2018	2019	2020	(1990-2020)	(2005-2020)
ÉNERGIE (Sources de combustion fixes)										
Rapport antérieur (RIN 2022)	277 706	344 409	339 046	313 005	318 102	322 706	321 686	299 897	8,0 %	-11,5 %
Rapport actuel (RIN 2023)	277 940	344 828	339 171	314 553	317 990	321 141	321 626	297 756	7,1 %	-12,2 %
Variation des émissions	234	418	125	1 548	-112	-1 566	-60	-2 140	-	-
	0,1 %	0,1 %	0,0 %	0,5 %	0,0 %	-0,5 %	0,0 %	-0,7 %	-	-
ÉNERGIE (Transports)										
Rapport antérieur (RIN 2022)	144 881	177 448	189 858	200 333	207 546	215 020	216 440	189 933	31,1 %	0,0 %
Rapport actuel (RIN 2023)	145 493	178 199	190 657	196 029	202 486	208 680	210 047	178 731	22,8 %	-6,3 %
Variation des émissions	612	751	800	-4 304	-5 060	-6 340	-6 393	-11 202	-	-
	0,4 %	0,4 %	0,4 %	-2,1 %	-2,4 %	-2,9 %	-3,0 %	-5,9 %	-	-
ÉNERGIE (Sources fugitives)										
Rapport antérieur (RIN 2022)	49 575	71 753	72 793	67 929	67 920	68 215	66 249	49 689	0,2 %	-31,7 %
Rapport actuel (RIN 2023)	48 132	70 138	70 059	66 051	65 952	66 116	64 388	55 400	15,1 %	-20,9 %
Variation des émissions	-1 443	-1 615	-2 735	-1 878	-1 968	-2 099	-1 861	5 710	-	-
	-2,9 %	-2,3 %	-3,8 %	-2,8 %	-2,9 %	-3,1 %	-2,8 %	11,5 %	-	-
PIUP										
Rapport antérieur (RIN 2022)	56 961	54 080	56 591	54 515	52 680	53 895	53 478	50 331	-11,6 %	-11,1 %
Rapport actuel (RIN 2023)	56 966	54 022	56 509	54 229	52 442	53 868	52 882	50 360	-11,6 %	-10,9 %
Variation des émissions	5	-57	-82	-286	-238	-27	-595	29	-	-
	0,0 %	-0,1 %	-0,1 %	-0,5 %	-0,5 %	-0,1 %	-1,1 %	0,1 %	-	-
AGRICULTURE										
Rapport antérieur (RIN 2022)	41 183	51 013	54 176	53 054	52 043	53 178	53 280	55 160	33,9 %	1,8 %
Rapport actuel (RIN 2023)	41 140	50 960	54 147	52 948	52 088	53 488	53 618	55 491	34,9 %	2,5 %
Variation des émissions	-43	-53	-29	-106	44	311	338	332	-	-
	-0,1 %	-0,1 %	-0,1 %	-0,2 %	0,1 %	0,6 %	0,6 %	0,6 %	-	-
DÉCHETS										
Rapport antérieur (RIN 2022)	24 417	28 284	28 717	26 257	26 722	26 990	27 150	27 344	12,0 %	-4,8 %
Rapport actuel (RIN 2023)	18 933	21 317	21 675	21 116	21 274	21 322	21 118	21 050	11,2 %	-2,9 %
Variation des émissions	-5 484	-6 967	-7 042	-5 141	-5 448	-5 668	-6 032	-6 294	-	-
	-22,5 %	-24,6 %	-24,5 %	-19,6 %	-20,4 %	-21,0 %	-22,2 %	-23,0 %	-	-
ATCATF										
Rapport antérieur (RIN 2022)	-63 537	-36 496	-4 228	-10 606	-17 020	-8 468	-15 935	-6 761	-89,4 %	59,9 %
Rapport actuel (RIN 2023)	-64 507	-37 777	-5 542	-10 956	-16 227	-11 294	-18 821	-13 388	-79,2 %	141,6 %
Variation des émissions	-970	-1 281	-1 314	-350	793	-2 825	-2 886	-6 627	-	-
	1,5 %	3,5 %	31,1 %	3,3 %	-4,7 %	33,4 %	18,1 %	98,0 %	-	-

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 doivent être documentées et examinées avant d'être mises en application. Les améliorations qui donnent lieu à des recalculs des estimations doivent être appliquées à l'ensemble de la série chronologique afin de maintenir la cohérence de cette dernière.

Cette année, les améliorations à l'inventaire du Canada ont découlé des examens de l'équipe d'examen composée d'experts (EEE) réalisés les années passées, soit de la mise en œuvre continue 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.

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 du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR).

8.2.1. Recommandations de l'équipe d'examen composée d'experts

Le rapport d'inventaire du Canada est normalement examiné chaque année par une EEE suivant les directives d'examen de la CCNUCC¹ telles qu'elles ont été adoptées dans la décision 13/CP.20 de la CdP 20, tenue à Lima en 2014. Les examens sont coordonnés par le secrétariat de la CCNUCC, et les membres des EEE 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 directives de déclaration de la CCNUCC. Une fois l'examen terminé, l'EEE 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 annuel qui est remis au pays faisant l'objet de l'examen et rendu public par la CCNUCC.

Les recommandations de l'EEE ont été prises en compte lors de la détermination des améliorations potentielles pour cette année. Le dernier examen effectué par l'EEE est accessible sur le site Web de la CCNUCC².

Voici quelques-uns des changements méthodologiques apportés cette année qui donnent suite aux recommandations de l'EEE :

- mise à jour du CE et de la teneur en énergie du charbon anthracite
- estimation des émissions du monoxyde d'azote provenant de la gestion des fumiers des bovins laitiers et des porcs
- estimation des émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant de la combustion d'huile lubrifiante dans les moteurs à deux temps séparément de celles de l'essence à moteur
- mise à jour (pour les années 1990 à 2017) du taux de récupération du CO₂ pour la production d'urée, utilisé dans la catégorie Production d'ammoniac
- estimation et déclaration de la superficie des terres dans le tableau 4.1 du CUPR séparément pour les forêts non aménagées; cette modification n'a aucune incidence sur l'estimation des émissions de GES.

8.2.2. Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre

Les Lignes directrices 2006 du GIEC décrivent des méthodes acceptées à l'échelle internationale que les pays doivent utiliser pour estimer leurs émissions de GES et pour produire le rapport présenté à la CCNUCC (GIEC, 2006). Ces lignes directrices ont été élaborées par le GIEC à la demande de la CCNUCC. Les Lignes directrices 2006 du GIEC encouragent l'utilisation de méthodologies améliorées, propres au pays, pour estimer les émissions, notamment des approches de modélisation complexes de niveau supérieur.

Les Lignes directrices 2006 du GIEC sont devenues la référence en matière de méthodologies en 2015, conformément aux directives révisées de la CCNUCC pour la notification des inventaires des Parties visées à l'annexe I (directives de notification de la CCNUCC), telles qu'elles ont été adoptées dans la décision 24/CP.19 lors de la CdP 19, tenue à Varsovie en 2013.

1 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/cop20/19/10a03f.pdf> (page 3).

2 <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/inventory-review-reports/inventory-review-reports-2021>

8.2.3. 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 :

- mises à jour de la méthode pour affecter les combustibles déclarés dans le BDEE aux véhicules routiers et aux véhicules et équipements hors route
- mises à jour des estimations des parcs de véhicules hors route
- mises à jour des données sur les activités et les paramètres utilisés dans le modèle d'émissions fugitives (MEF) pour calculer les émissions provenant des instruments de pneumatiques, des joints de compresseurs, et les fuites d'équipements de l'industrie pétrolière et gazière
- ajout des émissions fugitives de CO₂ et de CH₄ provenant de la consommation de gaz naturel, mesurées après le compteur
- mise à jour du CE du CO₂ et du CH₄ pour la combustion et le torchage du gaz naturel dans les installations extracôtières de production d'hydrocarbures de Terre-Neuve
- intégration des activités déclarées par les installations qui sont considérées comme activités de captage et de stockage du carbone (CSC) dans les calculs des émissions découlant de la production d'ammoniac
- harmonisation des données sur les activités avec celles du Recensement de l'agriculture de 2021
- mise en œuvre d'une période de régénération pour une fraction des peuplements forestiers perturbés naturellement
- mises à jour des hypothèses sur la proportion de chaque type de forêt avant perturbation utilisées pour la conversion en terres forestières
- 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

8.3. Améliorations prévues à l'inventaire

Les améliorations prévues à l'inventaire national des GES par le Canada sont décrites dans un *Plan d'amélioration de l'inventaire* qui identifie et permet le suivi des améliorations 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 de sources internes et des processus d'examen externes, et des travaux menés en collaboration avec les experts du secteur des inventaires, l'industrie, divers ministères et le milieu universitaire.

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 *Plan d'amélioration de l'inventaire* est mis à jour annuellement pour suivre l'évolution de la mise en œuvre des améliorations à l'inventaire. Le Tableau 8–4 et le Tableau 8–5 sont mis à jour à mesure que les améliorations prévues sont mises en œuvre chaque année.

Un plan d'amélioration interministériel plus détaillé a été élaboré pour l'estimation des émissions de GES liées aux catégories Terres forestières et 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, 2022) 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 comprend des projets qui 1) peuvent être opérationnalisés³ 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 Terres forestières et 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 faire intervenir 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 2023 représente la quatrième édition mobile de trois ans (de 2023 à 2025) sur les émissions et les absorptions des GES provenant des forêts, des changements d'affectation des terres touchant les forêts et les produits ligneux récoltés (PRL) qui sont déclarées dans le RIN. La période actuelle de trois ans comprend des améliorations mises en œuvre dans l'actuelle présentation de l'inventaire, comme indiqué au Tableau 8–4.

Plusieurs améliorations sont prévues dans la catégorie Terres forestières de la prochaine présentation de l'inventaire (2024). Quelques précisions sur ces modifications les plus importantes et les incidences prévues sont fournies au Chapitre 6.3.1.6.

Tableau 8–4 **Améliorations apportées au RIN 2023 du Canada**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Section du RIN pour plus de détails
Énergie (Transports)	Navigation maritime (CRF 1.A.3.d) Pêche (CRF 1.A.4.c.iii) Autre mobile (navigation militaire) (CRF 1.A.5.b)	Mise à jour de l'activité maritime pour les années civiles 2019 et 2020.	Mise à jour des données sur les activités marines : Des révisions des données d'activité (outil d'inventaire des émissions marines) pour les années civiles 2015, 2016, 2017 et 2018 et de nouvelles données d'activité pour les années civiles 2019 et 2020 ont été intégrées au modèle basé sur la consommation marine.	Amélioration continue	Annexe 3.1.4.2.3
	Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR) Transport hors route (généralités)	Mise à jour de la méthode d'affectation du carburant déclaré dans le BDEE aux véhicules routiers et aux véhicules/équipements hors route.	Cette amélioration prend en compte le Guide de déclaration de l'enquête d'apport du BDEE, l'Enquête annuelle sur l'utilisation finale des produits pétroliers raffinés, pour mieux définir les volumes de carburant consommé par les véhicules routiers et les véhicules et équipements hors route.	Amélioration continue	Annexe 3.1.4.2.1
	Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)	Mises à jour des estimations des parcs de véhicules routiers.	Les données estimatives sur les parcs de véhicules routiers utilisés pour la modélisation des émissions ont été mises à jour pour l'ensemble de la série chronologique pour améliorer l'uniformité avec les totaux annuels d'immatriculations des véhicules automobiles routiers rapportés par Statistique Canada.	Amélioration continue	Annexe 3.1.4.2.1
	Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)	Mises à jour des taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers.	Les taux d'accumulation de kilométrage des véhicules routiers utilisés pour la modélisation des émissions ont été mis à jour pour l'ensemble de la série chronologique, déterminés à partir des récentes données d'inspection et d'entretien.	Amélioration continue	Annexe 3.1.4.2.1
	Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)	Coefficients d'émission de CH ₄ et de N ₂ O étendus aux véhicules routiers.	Cette amélioration présente des coefficients d'émission de CH ₄ et de N ₂ O distincts pour les véhicules légers à essence conformes aux normes pour les carburants et les systèmes d'échappement des véhicules de palier 3.	Amélioration continue	Annexe 6.1.6
	Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)	Transition vers un modèle amélioré d'émissions pour les véhicules routiers.	ECCC a adopté le plus récent simulateur d'émissions des véhicules à moteur MOVES3 de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Parmi les avantages de passer du simulateur MOVES2014b à MOVES3, notons la mise à jour des taux de consommation d'énergie et l'adaptation de la modélisation pour mieux représenter les démarrages des véhicules et les périodes de repos des camionneurs.	Amélioration continue	Annexe 3.1.4.2.1

3 « Opérationnalisés » signifie être intégrés dans le processus annuel de production de l'inventaire.

Tableau 8–4 Améliorations apportées au RIN 2023 du Canada (suite)

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Section du RIN pour plus de détails
Énergie (Transports) (suite)	Transport hors route (généralités)	Mises à jour des estimations des parcs de véhicules et d'équipements hors route.	Les données sur les parcs de véhicules et d'équipements hors route utilisées pour la modélisation des émissions ont été mises à jour pour l'ensemble de la série chronologique, à l'aide des plus récentes données sur les parcs de moteurs en service de Power Systems Research.	Amélioration continue	Annexe 3.1.4.2.1
	Transport hors route (généralités)	Estimation des émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O provenant de la combustion d'huile lubrifiante dans les moteurs à deux temps séparément de celle de l'essence à moteur.	Cette amélioration permet d'estimer les proportions des données de sortie modélisées sur la consommation de carburant des moteurs à essence à deux temps attribuables à l'huile lubrifiante et s'applique aux nouveaux coefficients d'émission de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O pour estimer les volumes d'huile lubrifiante.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Annexe 3.1.4.2.1 Annexe 6.1.6
Énergie (Combustion)	Production d'électricité et de chaleur du secteur public (catégorie 1.A.1.a du CUPR)	Mise à jour des CE du CO ₂ et de la teneur en énergie du coke de pétrole.	Cette mise à jour a permis d'améliorer l'exactitude du CE du CO ₂ pour le coke de pétrole à l'aide de nouvelles données détaillées au niveau des installations. Les données d'analyse sur la consommation de coke de pétrole ont été fournies pour les années antérieures, à partir de 2010, ce qui a permis à Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) d'établir des CE du CO ₂ propres aux différentes installations et la teneur en énergie correspondante.	Amélioration continue	Annexe 6.1.2
	Industries énergétiques (catégorie 1.A.1 du CUPR) Industries manufacturières et Construction (catégorie 1.A.2 du CUPR)	Mise à jour des CE du CO ₂ et de la teneur en énergie de la houille anthraciteuse.	Cette mise à jour améliore l'exactitude du CE du CO ₂ de la houille anthraciteuse de sorte que les valeurs sont plus représentatives de la consommation de houille au Canada.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Annexe 6.1.3
	Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c du CUPR)	Mise à jour des CE du CO ₂ et du CH ₄ pour la combustion de gaz naturel aux installations extracôtières de production d'hydrocarbures de Terre Neuve.	Comme tous les gaz produits aux installations extracôtières sont soit torchés, soit utilisés comme combustibles soit injectés dans la formation, nous supposons que la teneur en carbone (et, par conséquent, le CE du CO ₂) des gaz combustibles est comparable à celle des gaz torchés. Les nouveaux CE du CO ₂ provenant de la combustion de gaz naturel aux installations extracôtières de Terre-Neuve ont été mis au point à l'aide des émissions déclarées par les installations au PDGES provenant du torchage et des volumes de gaz torchés déclarés à l'Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtières (OCTLHE). Le coefficient d'émission du CH ₄ pour la combustion de gaz naturel comme combustible a été modifié pour tenir compte du fait que les turbines alimentées au gaz sont la principale technologie de combustion utilisée dans les installations extracôtières.	Amélioration continue	Annexe 6.1.1
Énergie (émissions fugitives)	Émissions fugitives provenant des combustibles – Pétrole et gaz naturel – Évacuation et torchage (catégorie 1.B.2.c du CUPR)	Mise à jour des activités d'évacuation déclarées en Alberta.	Les données de OneStop de l'Alberta remplacent celles de l'évacuation des émissions déclarées par Petrinex pour l'année 2020. Ce remplacement permet de réduire partiellement les incohérences introduites par les définitions de gaz combustible, de gaz de torche et de gaz d'évacuation qui sont devenues valides le 1 ^{er} janvier 2020, et dont il est question dans la présentation du RIN de 2022.	Amélioration continue	Annexe 3.2.2.1.2
	Émissions fugitives attribuables aux combustibles – pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Mises à jour des données sur les activités et des paramètres utilisés dans le modèle des émissions fugitives (MEF) pour calculer les émissions provenant des fuites de pneumatiques, de joints d'étanchéité des compresseurs et d'équipements du secteur du pétrole et du gaz.	Plusieurs améliorations ont été apportées aux données sur les activités et aux paramètres de modélisation utilisés dans le MEF, dont : <ul style="list-style-type: none"> • une mise à jour de la composition des gaz en Saskatchewan • une mise à jour du nombre d'installations en Saskatchewan déterminé à partir des données de Petrinex de 2013 à 2020 ayant également entraîné des mises à jour rétrospectives du nombre d'installations de 1990 à 2012 • une mise à jour du nombre d'installations au Manitoba déterminé à partir des données de Petrinex de 2020 ayant également entraîné des mises à jour rétrospectives du nombre d'installations de 1990 à 2019 • des mises à jour du nombre de stations de prétransformation satellites et de postes de compression en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan à l'aide des données provinciales • Intégration des données provinciales sur la conformité réglementaire provenant de l'Alberta et de la Colombie Britannique pour préciser les hypothèses concernant la conformité en matière de détection et de réparation des fuites (DRF). 	Amélioration continue	Annexe 3.2.2.1.3

Tableau 8–4 Améliorations apportées au RIN 2023 du Canada (suite)

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Section du RIN pour plus de détails
Énergie (émissions fugitives) (suite)	Émissions fugitives attribuables aux combustibles – pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Ajout des émissions fugitives de CO ₂ et de CH ₄ estimées après le compteur, provenant de la consommation de gaz naturel.	Les émissions fugitives estimées de CO ₂ et de CH ₄ après le compteur provenant des appareils des secteurs résidentiel et commercial et véhicules qui sont alimentés au gaz naturel, et de la consommation industrielle de gaz naturel ont été ajoutées à l'inventaire. Antérieurement, elles n'étaient pas estimées.	Amélioration continue	Annexe 3.2.2.7
	Émissions fugitives provenant des combustibles – Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Mise à jour des coefficients d'émission et des données sur les activités pour estimer les émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés.	Les nouveaux coefficients d'émission de CH ₄ établis à partir des études de mesures canadiennes sur les puits de pétrole et de gaz abandonnés (bouchés) et inactifs ou dont l'exploitation a été suspendue (non bouchés) ont été intégrés dans l'estimation des émissions. Le nombre de puits, qui a été mis à jour, comprend les puits de pétrole et de gaz auxiliaires (p. ex., d'injection et de refoulement) en Alberta et le nombre de puits non bouchés a été mis à jour pour l'Alberta et la Colombie-Britannique afin d'améliorer l'exactitude des estimations du passé.	Amélioration continue	Annexe 3.2.2.6
	Émissions fugitives provenant des combustibles – Pétrole et gaz naturel – Évacuation et torchage (catégorie 1.B.2.c du CUPR)	Mise à jour des coefficients d'émission de CO ₂ et de CH ₄ pour le torchage du gaz naturel aux installations extracôtiers de production d'hydrocarbures de Terre Neuve.	Les nouveaux coefficients d'émissions de CO ₂ et de CH ₄ pour le torchage du gaz naturel aux installations extracôtiers de Terre-Neuve ont été établis à l'aide des émissions de CO ₂ et de CH ₄ déclarées par les installations au PDGES provenant des volumes de gaz évacués et torchés déclarés à l'Office Canada-Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers (OCTLHE).	Amélioration continue	Annexe 3.2.2.1.2
PIUP	Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)	Mise à jour de la méthode de niveau 3.	Les émissions de CO ₂ provenant de la poussière de four de cimenterie non recyclée retournée au four ont antérieurement été soustraites incorrectement dans le calcul des émissions totales de CO ₂ du procédé de production de ciment. La méthode de niveau 3 a été corrigée de sorte que les émissions de CO ₂ provenant de la poussière de four de cimenterie non recyclée et retournée au four sont désormais ajoutées dans le calcul des émissions totales de CO ₂ provenant de la production de ciment, comme énoncé dans les exigences canadiennes de quantification du PDGES.	Amélioration continue	Chapitre 4
	Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)	Inclusion des activités de captage et de stockage du carbone (CSC).	Les quantités d'émissions déclarées par les installations attribuables au captage et au stockage du carbone (CSC) ont été soustraites des émissions brutes de la production d'ammoniac dans le calcul des émissions de la production d'ammoniac pour les années 1990 à 2020.	Amélioration continue	Chapitre 4 Annexe 3.3.1
	Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)	Correction du coefficient de récupération des émissions de CO ₂ .	Le coefficient de récupération des émissions de CO ₂ pour la production d'urée a été mis à jour pour les années 1990 à 2017. Cela est fait pour ne pas prendre en compte les émissions de CO ₂ qui pourraient être produites lors de la production d'urée, selon la recommandation de l'EEE.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Chapitre 4
	Production d'éthylène (Catégorie 2.B.8.b du CUPR)	Mise à jour du CE du CO ₂ et du CH ₄ .	Le modèle pour la production d'éthylène a été mis à jour par des modifications aux coefficients d'émissions du CO ₂ et du CH ₄ de deux installations en raison de modifications apportées au type de matières premières utilisées depuis 2016.	Amélioration continue	Chapitre 4
	Utilisations de produits comme substituts de SAO – Agents moussants - PFC (catégorie 2.F du CUPR)	Mise en application d'une méthode de niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC.	Les émissions des PFC employés comme agents moussants ont antérieurement été estimées à l'aide d'une méthode de niveau 1. L'examen des données sur les activités a permis de découvrir que les données des sous-applications, permettant l'application d'une méthode de niveau 2, sont disponibles. Par conséquent, les coefficients d'émission d'une méthode de niveau 2 correspondant à la sous-application ont été tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC, et les valeurs estimatives des émissions associées ont été révisées.	Amélioration continue	Chapitre 4

Tableau 8–4 **Améliorations apportées au RIN 2023 du Canada (suite)**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Section du RIN pour plus de détails
Agriculture	Fermentation entérique (catégorie 3.A du CUPR) Gestion des fumiers (catégorie 3.B du CUPR) Sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR) Brûlage des résidus agricoles (catégorie 3.F du CUPR)	Mise à jour du Recensement de l'agriculture.	Harmonisation des données sur les activités avec celles du Recensement de l'agriculture de 2021.	Amélioration continue	Chapitre 5 Annexe 3.4.1
	Émissions indirectes de N ₂ O (catégorie 3.B.2.5 du CUPR)	Estimation des émissions de monoxydes d'azote provenant de la gestion des fumiers.	Estimation de la volatilisation des NO _x provenant de la gestion des fumiers de bovin laitier et de porc.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Chapitre 5.3.3 Annexe 3.4.4.2
ATCATF	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé (Catégorie 4.A.1 du CUPR)	Plusieurs améliorations apportées aux estimations des terres forestières, dont des corrections aux données sur le brûlage des résidus d'abattage et la récolte de bois de chauffage en Colombie-Britannique et aux données sur les activités de 2020 relatives aux insectes.	Les améliorations apportées sont, entre autres : i) des corrections aux estimations relatives aux objectifs de brûlage des résidus d'abattage et aux lieux de récolte de bois de chauffage en Colombie-Britannique; ii) des corrections aux données de 2020 sur les activités relatives aux insectes; iii) au raffinement initial des hypothèses après incendie par défaut sur la régénération; et iv) à l'estimation des superficies de forêts aménagées à déclarer au tableau 4.1 du CUPR.	Amélioration continue Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Chapitre 6.3.1 Annexe 3.5.2
	Terres converties en terres forestières (catégorie 4.A.2 du CUPR)	Estimations initiales associées à un récent boisement.	Élaboration d'une méthode pour intégrer les stocks de carbone (C) préplantation dans l'estimation de la teneur initiale en C pour les sites récemment boisés.	Amélioration continue	Chapitre 6.3.2 Annexe 3.5.2.6
	Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.B.1 du CUPR)	Mise à jour du Recensement de l'agriculture.	Harmonisation des données sur les activités avec celles du Recensement de l'agriculture de 2021.	Amélioration continue	Chapitre 6.5 Annexe 3.5.4
	Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.B.1 du CUPR) Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)	Améliorations aux données sur la biomasse ligneuse.	Amélioration des données sur les activités de la série chronologique, associées à la biomasse ligneuse provenant des arbres et des arbustes des terres agricoles, au moyen d'une méthode d'interpolation appliquée entre les deux périodes de collecte de données sur les activités de 1990 à 2000 et de 2000 à 2010 par des photos numériques aériennes.	Amélioration continue	Chapitres 6.4 et 6.5 Annexes 3.5.3 et 3.5.4
	Terres converties en terres cultivées (catégorie 4.B.2 du CUPR), Terres converties en terres humides (catégorie 4.D.2 du CUPR), Terres converties en établissements (catégorie 4.E.2 du CUPR), Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)	Mise à jour des hypothèses sur le déboisement avant le changement de type.	Amélioration de la résolution temporelle des hypothèses sur le déboisement du type de terres forestières antérieur à la perturbation. Cette mise à jour remplace les proportions statiques avant le changement de type par les proportions avant le changement de type variant en fonction du temps et des unités de rapprochement, depuis l'année 2005.	Amélioration continue	Chapitre 6.9 Annexe 3.5.2.6
Déchets	Élimination des déchets solides (catégorie 5.A du CUPR)	Améliorations à moyen terme.	Aucune amélioration n'est prévue à court terme à part les mises à jour régulières apportées aux données sur les activités. À moyen et à long terme, des améliorations prévues telles que l'intégration de données sur les GES par installation, l'examen et l'utilisation de techniques de mesure directes des émissions de CH ₄ dans les sites d'enfouissement ainsi que l'amélioration de la caractérisation des Produits ligneux récoltés dans le flux de déchets seront étudiées.	Amélioration continue	Chapitre 7.2.5
	Traitement et rejet des eaux usées municipales (catégorie 5.D du CUPR)	Mise à jour de l'utilisation d'installations septiques pour ajouter celles utilisées par les municipalités de taille intermédiaire.	D'après un examen des données disponibles, il pourrait être possible de désagréger davantage sur le plan spatial les pourcentages de la population utilisant des fosses septiques privées afin d'inclure des taux d'utilisation régionaux distincts pour les villes de taille moyenne (actuellement, l'utilisation des fosses septiques n'est évaluée que par les grandes villes et le reste de la province).	Amélioration continue	Annexe 3.6.4

Tableau 8-5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Le point sur les progrès réalisés
Énergie	Généralités	Conversion de volumes de gaz naturel en unités énergétiques.	Évaluation des facteurs de conversion de l'énergie dans l'ensemble de trois ministères fédéraux permettant de convertir des volumes de gaz naturel en unités énergétiques selon la province où ces volumes sont consommés.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Collecte et analyse de données en cours
	Utilisation de combustibles – Autres secteurs (catégorie 1.A.4 du CUPR)	Analyse et intégration des gaz de digesteurs dans les estimations des émissions.	Les travaux visant à intégrer les émissions des gaz de digesteurs employés à des fins énergétiques dans le modèle de combustion des sources fixes sont en cours.	Amélioration continue	Collecte et analyse de données en cours
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Analyse et intégration des données sur la composition des gaz bruts de la Colombie-Britannique à l'estimation des émissions.	La Oil and Gas Commission (BOGC) de la Colombie-Britannique recueille les données sur la composition des gaz bruts mesurées pour les puits de pétrole et de gaz forés en Colombie-Britannique et les rend accessibles sur son site Web. Les données seront analysées pour améliorer l'estimation des émissions fugitives en provenance des installations pétrolières et gazières ainsi que les CE de CO ₂ utilisés pour estimer les émissions issues de la combustion du gaz brut de ces installations.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Estimation des émissions des réservoirs de stockage.	Intégration des estimations des émissions des réservoirs de stockage dans le modèle sur les émissions fugitives mis au point pour estimer les émissions des pneumatiques, des joints d'étanchéité des compresseurs et des fuites d'équipements dans l'industrie pétrolière et gazière.	Amélioration continue	Collecte de données et analyse en cours
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Analyse des données de mesures des aéronefs pour améliorer les estimations de CH ₄ dans l'industrie pétrolière et gazière.	Les mesures atmosphériques des émissions de CH ₄ de l'industrie pétrolière et gazière ont permis d'identifier un écart entre les estimations de l'inventaire ascendant et celles de l'inventaire descendant obtenues grâce à des mesures des aéronefs, des tours fixes et des véhicules. De récentes campagnes de collecte de données sur le terrain effectuées en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan à l'aide de mesures par LiDAR à basse altitude seront analysées pour déterminer comment utiliser les résultats en vue d'améliorer les estimations des émissions de CH ₄ de l'industrie pétrolière et gazière. Les résultats de l'analyse pourront servir à valider les modèles ascendants ou, si les mesures le permettent, à améliorer les paramètres et les estimations des modèles.	Amélioration continue	Collecte de données et analyse en cours
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel (Catégorie 1.B.2 du CUPR)	Amélioration de la méthode utilisée pour estimer les émissions à partir les ETS.	Améliorations continues aux estimations des émissions les ETS à l'aide de données provinciales et de mesures, le cas échéant.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Émissions fugitives imputables aux combustibles – Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.B.2 du CUPR)	Amélioration des estimations des émissions dues au transport et à la distribution du gaz naturel.	Les travaux visant à intégrer les valeurs estimatives des émissions dues au transport, à la distribution et au stockage du gaz naturel reçu du Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI) pour les années 2016 à 2021 sont en cours. Les valeurs estimatives antérieures des émissions seront révisées, comme exigé, pour prendre en compte les données les plus à jour.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Transport hors route (généralités)	Modernisation des entrées du modèle des émissions hors route.	Des travaux sont en cours afin d'intégrer plusieurs mises à jour des entrées du modèle des émissions des moteurs hors route. Parmi les valeurs d'entrée soumises aux mises à jour, notons les répartitions géographiques assignées aux divers types de véhicules et d'équipements hors route et le paramètre sur le nombre d'heures d'utilisation annuelles pour certains types d'équipement hors route.	Amélioration continue	Collecte et analyse de données en cours
Pétrole et gaz (secteur économique)	Production et transformation du gaz naturel Production de pétrole léger classique Production de pétrole lourd classique Sables bitumineux (exploitation minière, in situ, valorisation)	Améliorer la répartition des émissions entre les différents segments du secteur du pétrole et du gaz, c'est-à-dire la production de pétrole léger classique, la production de pétrole lourd classique, la production et la transformation du gaz naturel, les sables bitumineux (exploitation minière, in situ, valorisation), etc.	Statistique Canada publie des données sur la consommation de carburant dans la catégorie agrégée « Exploitation minière et extraction de pétrole et de gaz », qui comprend tous les secteurs miniers (c'est-à-dire l'exploitation de charbon, de métaux, de mines et de carrières de minéraux non métalliques, de sables bitumineux) et l'extraction de pétrole et de gaz. Des travaux sont en cours pour perfectionner le modèle utilisé pour attribuer la consommation de carburant et les émissions qui en découlent de la catégorie agrégée vers des catégories et sous-catégories plus distinctes.	Amélioration continue	Aucun progrès significatif n'a été réalisé

Tableau 8-5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada (suite)**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Le point sur les progrès réalisés
PIUP	Production de méthanol (catégorie 2.B.8.a du CUPR)	Valider l'applicabilité des CE utilisés.	Les CE utilisés pour estimer les émissions provenant de la production de méthanol proviennent de l'étude de Cheminfo de 2010. Le plan d'amélioration consiste à évaluer l'applicabilité de ces CE pour les années suivant 2010.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Aucun progrès significatif n'a été réalisé
	Production de dioxyde de titane (catégorie 2.B.6 du CUPR)	Collecte de données sur les activités et déclaration dans la catégorie de l'inventaire. Prévenir la double comptabilisation en conciliant les émissions de la houille anthraciteuse et du coke de pétrole associées à la production de scories et de dioxyde de titane à l'aide du procédé au chlorure entre la catégorie des Métaux non ferreux du secteur de l'Énergie et la catégorie de la Production de dioxyde de titane du secteur PIUP.	Cette catégorie était antérieurement considérée comme non importante d'après une estimation de niveau 1 réalisée en 2010 qui portait notamment sur la production de dioxyde de titane par la méthode au chlorure. Lors de la révision, il a été découvert que cette évaluation était incomplète et qu'il y avait eu production de scories de titane au Canada tout au long de la série chronologique dans une installation. À l'aide des quantités de carbone et des teneurs en C des matières à l'entrée et à la sortie du procédé de production de scories de titane des déclarations provinciales ayant été présentées au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) de 2017 à 2019, nous jugeons que les émissions de la catégorie pourraient être significatives (plus de 500 kt d'éq. CO ₂). L'équipe chargée de l'inventaire explore différentes sources de données pour l'estimation des émissions. Par exemple, elle tente de coordonner une entente de partage de données avec le gouvernement de la province du Québec et les deux installations pour permettre l'accès à des données de séries chronologiques recueillies à l'échelle de la province sur les niveaux de production et les quantités à l'entrée et à la sortie du procédé pour pouvoir utiliser la méthode de niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour estimer les émissions. En outre, les émissions de la houille anthraciteuse utilisée comme matière à l'entrée dans la production de scories de titane et du coke de pétrole utilisé comme matière à l'entrée du procédé au chlorure de production de dioxyde de titane sont actuellement déclarées comme faisant partie des émissions de CO ₂ du secteur de l'Énergie associées aux Métaux non ferreux. L'équipe chargée de l'inventaire est en train de déterminer comment concilier ces émissions avec la catégorie Production de dioxyde de titane pour s'assurer de ne pas les comptabiliser en double.	Amélioration continue	Collecte et analyse de données en cours
	Production sidérurgique (catégorie 2.C.1 du CUPR)	Attribution des émissions de gaz naturel et de charbon associées à la production sidérurgique au secteur Production sidérurgique plutôt qu'aux secteurs Industries manufacturières (secteur Énergie) et Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant des PIUP, respectivement.	Une partie des émissions de CO ₂ issues de procédés attribuables à la production sidérurgique provient de l'utilisation d'agents réducteurs autres que le coke métallurgique, plus précisément le gaz naturel et le charbon. Le gaz naturel est utilisé comme agent réducteur pour produire du fer de réduction direct (FRD) et les émissions de CO ₂ associées à la production sidérurgique sont actuellement déclarées dans le secteur Énergie. Une fraction du charbon, indiquée dans la section des utilisations non énergétiques du BDEEC, est utilisée pour la production sidérurgique et est actuellement déclarée dans la sous-catégorie Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant. Il est prévu d'attribuer les émissions mentionnées précédemment à la catégorie Production sidérurgique.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Analyse de données en cours
	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant (2.D du CUPR)	Mettre à jour les CE pour divers produits pétroliers non énergétiques et le gaz naturel.	Des CE pour divers produits pétroliers non énergétiques et le gaz naturel ont été élaborés, compte tenu d'études effectuées en 1992 et en 2005, respectivement. Il est prévu d'évaluer si ces CE sont toujours valides et de les mettre à jour, au besoin.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Amorce de la collecte de données/de l'étude
	Utilisations de produits comme substituts de SAO (HFC, catégorie 2.F du CUPR)	Élaboration de méthodes pour mettre à jour chaque année les données sur les HFC contenus dans les produits.	Il existe un écart de données avec les données de l'article disponibles jusqu'en 2010. Pour combler cette lacune, les statistiques et les données d'importation et d'exportation seront examinées afin d'établir une méthode pour déterminer les quantités de HFC. Une enquête à participation facultative a également été élaborée et le questionnaire envoyé.	Amélioration continue	Aucun progrès significatif n'a été réalisé

Tableau 8-5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada (suite)**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Le point sur les progrès réalisés
PIUP (suite)	Équipement électrique (catégorie 2.G.1 du CUPR)	Déclarer les émissions de CF ₄ .	Le SF ₆ est utilisé comme agent d'isolation et d'extinction d'arc dans les équipements de transmission et de distribution électrique. Pour améliorer le rendement par temps froid, le SF ₆ (gaz) peut être mélangé avec du CF ₄ (gaz). Actuellement, le Canada déclare seulement le SF ₆ dans cette catégorie de source, et il est prévu de déclarer les émissions de CF ₄ également.	Amélioration continue	Amorce de la collecte de données/de l'étude
	Production d'hydrogène	Inclure les émissions de CO ₂ résultant des installations autonomes de production d'hydrogène au Canada.	Collecte de données sur l'activité de production d'hydrogène et estimation des émissions de CO ₂ de cette source à l'aide des méthodes présentées dans le document de Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC.	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Autres utilisations de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.4.d du CUPR)	Résolution des incohérences dans les données d'activité de 2017 à 2019 et détermination d'une nouvelle source de données d'activité (au besoin).	De possibles incohérences ont été observées dans les données d'utilisation de calcaire et de dolomite entre 2017 et 2019 pour divers secteurs, notamment le fer et l'acier de même que la fonderie de métaux ferreux. Des investigations ont été lancées et se poursuivront pour déterminer si des corrections sont nécessaires et si une autre source de données est nécessaire.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Utilisations de produits comme substituts de SAO – HFC (catégorie 2.F du CUPR)	Mise à jour des CE des HFC dans les appareils de réfrigération et de climatisation en fin de vie.	Les CE des HFC dans les appareils de réfrigération et de climatisation en fin de vie actuellement utilisés sont ceux des Lignes directrices 2006 du GIEC. Des renseignements et des données sur la récupération des HFC de ces appareils en fin de vie seront recueillis (p. ex., de la part des associations industrielles) et évalués afin de déterminer la faisabilité de l'élaboration de CE en fin de vie, propres à chaque pays.	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Fabrication de semiconducteurs – NF ₃ , SF ₆ , PFC (catégorie 2.E.1 du CUPR)	Collecte de données d'activité et des renseignements sur le CE des utilisateurs finaux.	Le plus grand fabricant de semiconducteurs au Canada a été sondé et a fourni des données sur ses utilisations de NF ₃ , de SF ₆ et de PFC (remplaçant les données sur les ventes provenant d'enquêtes volontaires auprès des distributeurs de gaz). Le fabricant a également fourni des renseignements sur son utilisation de technologies antipollution et sur l'efficacité de chacun des gaz utilisés. D'autres fabricants de semiconducteurs connus, qui achètent également du NF ₃ , du SF ₆ et des PFC, seront aussi contactés afin de fournir des quantités utilisées plus précises et des données qui pourront servir à l'élaboration de CE propres à chaque installation (lorsque possible).	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Fabrication de semiconducteurs – SF ₆ (catégorie 2.E.1 du CUPR)	Éliminer l'utilisation des données d'importation de SF ₆ abandonnées de la méthodologie des semi-conducteurs.	<p>L'estimation actuelle des émissions de SF₆ relatives à la fabrication de semiconducteurs fait appel aux données d'importation de SF₆ de Statistique Canada comme données d'entrée. La collecte de ces données d'importation de SF₆ a cessé après 2011, et les importations de SF₆ de 2012 à 2021 sont calculées à l'aide des données de produit économique brut pour le SCIAN 334 – Fabrication de produits informatiques et électroniques.</p> <p>Plus tôt dans la série chronologique (1995 à 2009), les données d'importation de SF₆ étaient étroitement corrélées avec les données sur les ventes déclarées volontairement par quelques grands distributeurs à l'équipe chargée de l'inventaire. Les données sur les ventes déclarées par les grands distributeurs ces dernières années (2014 à 2020) dévient de façon importante des données estimatives d'importation de SF₆ découlant de l'extrapolation de données de substitution de 2011 de Statistique Canada. Par conséquent, on croit que les émissions de SF₆ provenant de la fabrication de semiconducteurs sont surestimées.</p> <p>L'équipe chargée de l'inventaire étudie des options de révision du modèle pour ne plus utiliser les données sur l'importation interrompue de SF₆, dont la possibilité de se fier uniquement aux données des distributeurs sur les ventes et à l'échelle des utilisateurs, ce qui permettrait d'harmoniser la méthode d'estimation du SF₆ des semiconducteurs aux méthodes d'estimation des PFC et du NF₃ des semiconducteurs. L'exhaustivité des données actuelles sur les ventes des distributeurs seront analysées à l'aide de questionnaires d'enquête envoyés aux distributeurs internationaux pour déterminer s'ils vendent du SF₆ directement à des utilisateurs finaux au Canada.</p>	Amélioration continue	Autres méthodes envisagées

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada (suite)**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Le point sur les progrès réalisés
PIUP (suite)	SF ₆ et PFC attribuables à l'utilisation d'autres produits – SF ₆ (catégorie 2.G.2 du CUPR)	Collecte des données et évaluation de l'importance.	Les données de ventes pour la période de 2014 à 2020 recueillies auprès des distributeurs de gaz dans le cadre d'enquêtes à participation volontaire indiquent que certains utilisateurs finaux peuvent employer du SF ₆ et des PFC pour les applications mentionnées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (vol. 3, chap. 8.3, p. 8.23 à 8.34). Un ancien questionnaire d'enquête sera envoyé aux distributeurs de gaz pour obtenir les valeurs estimatives d'une série chronologique sur le SF ₆ et les PFC vendus au Canada pour les applications mentionnées. En outre, certains grands utilisateurs finaux et organismes nationaux pertinents pour certaines applications (comme ceux qui s'y connaissent en accélérateurs de particules et les utilisations en ophtalmologie) ont reçu ou vont recevoir un questionnaire d'enquête pour les dernières années. Une fois que les données seront reçues, une estimation de niveau 1 des émissions sera effectuée afin d'évaluer l'importance des émissions provenant de cette catégorie. Si la catégorie est jugée significative, des efforts seront déployés afin de produire et de publier les estimations d'émissions pour l'ensemble de la série chronologique.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Collecte de données en cours
	Émissions de N ₂ O relatives aux applications médicales (catégorie 2.G.3.a du CUPR) et utilisation d'agent propulseur (catégorie 2.G.3.b du CUPR)	Mise à jour du profil des ventes de N ₂ O par application	Le profil des ventes de N ₂ O par application s'appuie sur les données de 2005, et il est supposé identique même depuis. Des travaux sont en cours pour mettre à jour le profil des ventes par application.	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Émissions de PFC imputables à l'utilisation d'autres produits confinés (catégorie 2.G.4 du CUPR)	Réaffectation de toutes les données sur les activités à d'autres catégories du CUPR, comme les applications dans les catégories 2.E.1, 2.F et 2.G.2 du CUPR.	La révision des données sur les activités contribuant à la catégorie 2.G.4 du CUPR est en cours, et les sources de données existantes sont actuellement étudiées afin de réaffecter les données sur les activités aux bonnes catégories.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Analyse de données en cours
Agriculture	Fermentation entérique / Gestion du fumier (catégories 3.A et 3.B du CUPR) / Sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)	Ajout de nouveaux renseignements sur la nutrition animale.	Des améliorations sont continuellement apportées à la série chronologique sur la nutrition des animaux d'après 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 l'élaboration du modèle n'est pas achevée. L'approbation et l'harmonisation avec les méthodes utilisées par AAC sont requises, particulièrement en ce qui a trait aux méthodes utilisées dans l'estimation des émissions d'ammoniac, avant la mise en application de la base de données.	Amélioration continue	Élaboration de nouveaux paramètres
	Fermentation entérique / Gestion du fumier (catégories 3.A et 3.B du CUPR) / Sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)	Mise à jour des paramètres sur la nutrition des bovins laitiers.	Une série chronologique sur la nutrition des bovins laitiers est actuellement utilisée pour effectuer le suivi des changements de l'alimentation et des caractéristiques des bovins laitiers. 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, d'approbation et d'harmonisation avec les méthodes utilisées par AAC et seront suivies de la mise en application de la base de données.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Gestion du fumier (catégorie 3.B du CUPR)	Ajout de nouveaux renseignements sur les systèmes de gestion du fumier.	Intégration des données provenant de multiples enquêtes sont utilisés en vue d'élaborer une représentation cohérente des modifications des systèmes de stockage du fumier pour le secteur des bovins de boucherie au cours de la période de déclaration, de mieux saisir les changements dans les pratiques agricoles et d'améliorer la précision des estimations des émissions. Les données ont été recueillies et analysées, mais elles doivent être approuvées et harmonisées avec les méthodes d'AAC, particulièrement en ce qui a trait aux méthodes utilisées dans l'estimation des émissions d'ammoniac, avant la mise en application de la base de données.	Amélioration continue	Élaboration de nouveaux paramètres
	Gestion des fumiers (catégorie 3.B du CUPR)	Révision des facteurs de conversion en méthane (FCM).	Les facteurs de conversion en méthane (FCM) tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC sont actuellement utilisés dans le calcul des émissions de méthane issues de la gestion des fumiers. Pour certains systèmes de gestion des fumiers, le FCM par défaut est choisi en fonction de la température annuelle moyenne du système. Une méthode à jour a été ajoutée à la Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC. Celle-ci utilise les températures mensuelles et les temps de séjour, plutôt que les températures annuelles moyennes, comme prédicteurs de la quantité de méthane rejetée. Le Canada prévoit d'adopter la méthode révisée de 2019 à titre d'amélioration continue et pour suivre une recommandation de l'EEE relative à la méthode des FCM moyens actuellement utilisée.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Collecte de données en cours

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada (suite)**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Le point sur les progrès réalisés
Agriculture (suite)	Sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)	Intégrer les estimations des émissions de N ₂ O provenant de l'épandage de compost sur les sols.	Le Canada ne déclare pas actuellement les émissions de N ₂ O provenant de l'épandage de compost sur les sols agricoles en raison d'un manque de données sur l'activité. Un contrat est en vigueur pour recueillir de l'information sur l'épandage de compost au Canada, après quoi les données seront analysées, approuvées, harmonisées et intégrées à la méthodologie actuelle visant les engrais organiques azotés.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Analyse de données en cours
	Sols agricoles (catégorie 3.D du CUPR)	Révision des méthodes d'estimation des émissions d'oxyde de diazote dans le sol provenant de la culture des histosols.	L'équipe révisera les estimations pour le drainage des sols organiques sur les terres cultivées en fonction des directives présentées dans le Supplément sur les zones humides du GIEC.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Incinération des résidus agricoles dans les champs (catégorie 3.F du CUPR)	Amélioration des estimations des émissions produites par l'incinération des résidus de culture.	Des données sur les résidus de culture peuvent être extraites de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2011, mais elles n'ont pas été actualisées aux fins de l'estimation des émissions de GES. Des données sur l'incinération des résidus agricoles dans les champs seront extraites et versées dans la base de données.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
ATCATF	Transcatégorie	Établissement des estimations pour les sous-catégories de l'ATCATF portant la mention Non estimées (NE).	Il est nécessaire d'améliorer l'exhaustivité des données déclarées sur les réservoirs dans les catégories obligatoires portant actuellement la mention « NE ».	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Collecte de données en cours
	Transcatégorie	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.	Le Canada a fourni une analyse détaillée des incertitudes liées à la plupart des sous-catégories de l'ATCATF. Cependant, l'analyse des incertitudes n'a pas été réalisée pour toutes les sous-catégories en raison des ressources limitées. 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.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Des méthodes alternatives sont envisagées
	Généralités : matrice de transition des terres (4.1 du CUPR)	Révision et amélioration de la cohérence et de l'exhaustivité de la matrice de transition des terres.	Inclure dans le prochain RIN toute mise à jour sur l'état d'implémentation du projet pour réviser et améliorer la cohérence et l'exhaustivité de la matrice de transition des terres.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Analyse de données en cours
	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 du CUPR, respectivement)	Amélioration des changements d'affectation des terres	Parmi les améliorations, notons celles sur : i) l'estimation de la perte de C des sols humides lors de la conversion des terres humides en établissements dans la région des sables bitumineux; ii) l'estimation relative au changement d'affectation des terres dans le nord; iii) l'évaluation des incidences de l'étalement urbain sur les stocks et les flux de C; iv) les données sur les activités d'anciennes périodes de déboisement utilisées dans le modèle MBC-SFC ₃ et d'autres modèles (mise à jour); et v) les hypothèses sur les incidences du déboisement (mise à jour).	Amélioration continue Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Élaboration de nouveaux paramètres Analyse de données en cours
	Terres forestières (catégorie 4.A du CUPR) Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)	Amélioration des données/processus/paramètres de référence.	Parmi les améliorations, notons celles sur : i) les estimations relatives aux perturbations des forêts avant 1990; ii) la répartition spatiale de la récolte et du volume par rapport au C; iii) les données normales sur le climat (mise à jour); iv) l'intégration des données sur les activités associées aux récentes activités de déboisement; v) les inventaires provinciaux (mises à jour); et vi) l'harmonisation des données sur la biomasse ligneuse provenant de différents secteurs.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Terres forestières (catégorie 4.A du CUPR) Combustion de biomasse (catégorie 4 (V) du CUPR)	Améliorations des connaissances scientifiques.	Parmi les améliorations, notons celles sur : i) l'estimation des émissions des incendies de forêt par l'intensité variable de la combustion; ii) les activités de brûlage des résidus d'abattage en Colombie-Britannique; iv) la création de nouveaux paramètres étalonnés de la modélisation du C dans le sol et la matière organique morte, et les intervalles de confiance de l'analyse des incertitudes (mise à jour); et v) l'intégration des valeurs estimatives de l'ensemble du pays du brûlage dirigé de la biomasse dans les inventaires du RIN, des émissions de polluants atmosphériques et de carbone noir.	Amélioration continue	Analyse de données en cours

Tableau 8–5 **Sommaire du Plan d'amélioration de l'inventaire du Canada (suite)**

Secteur	Catégorie	Amélioration	Description	Fondement de l'amélioration prévue	Le point sur les progrès réalisés
ATCATF (suite)	Terres cultivées (catégorie 4.B.1 du CUPR)	Modélisation intégrée du stockage du carbone dans le sol par des méthodes bayésiennes.	À l'aide d'ensembles de données provenant de la documentation scientifique canadienne sur le stockage du C dans le sol influé par des pratiques de travail du sol, l'intensification des systèmes de culture et la conversion des cultures pérennes et annuelles, ainsi que de données sur le C du sol provenant d'études à long terme sur la rotation des cultures dans l'ensemble du Canada, améliorer le rendement des modèles par optimisation des méthodes bayésiennes (modèle RothC, méthode de niveau 2 en régime stable du GIEC, modèle de dénitrification et de décomposition et modèle du bilan du carbone d'introduction).	Amélioration continue	Collecte de données et élaboration de méthodes en cours
	Terres cultivées (catégorie 4.B.1 du CUPR)	Amélioration relative à la biomasse ligneuse	Améliorer l'estimation des superficies de biomasse ligneuse et des variations des stocks de C dans les terres cultivées depuis 1980 grâce à des données d'observation de la Terre et des méthodes d'apprentissage profond.	Amélioration continue	Analyse de données en cours
	Terres humides converties en terres cultivées (catégorie 4.B.2 du CUPR)	Traiter l'exhaustivité des sous-catégories de l'ATCATF avec les estimations déclarées comme NE.	Améliorer l'exhaustivité de la déclaration des réservoirs dans les catégories obligatoires actuellement déclarées comme NE. Fuites de carbone découlant du drainage des terres minérales des zones humides intérieures à des fins agricoles dans la région des cuvettes des Prairies.	Recommandation de l'EEE de la CCNUCC	Collecte de données en cours
	Terres inondées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.D.1.1 du CUPR)	Amélioration des données sur les activités relatives à la récolte de la tourbe.	Amélioration des données sur les activités découlant d'un nouvel accord relatif aux données avec Statistique Canada et ajout d'un nouveau point d'échantillonnage pour 2020 dans le but d'estimer l'étendue des tourbières perturbées par la récolte de la tourbe à l'aide de l'imagerie satellitaire à haute résolution.	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Terres inondées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.D.1.2 du CUPR) / Terres converties en terres inondées (catégorie 4.D.2.2 du CUPR)	Élaboration de données sur les activités, de paramètres et de CE relatifs au CH ₄ et au CO ₂ dans les terres inondées.	Améliorer la connaissance des émissions de CH ₄ et de CO ₂ dans les terres inondées grâce à la mise à jour des données d'activité et à des CE.	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Établissements dont la vocation n'a pas changé (catégorie 4.E.1.1 du CUPR)	Élaboration d'une nouvelle série chronologique pour 2005, 2015 et 2020 pour les arbres urbains et les limites des zones urbaines.	Des mises à jour du point d'échantillonnage sont prévues pour les 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 des arbres dans les principales zones urbaines du Canada. Mettre à jour les limites des zones urbaines représentant mieux les établissements.	Amélioration continue	Collecte de données en cours
	Produits ligneux récoltés (catégorie 4.G du CUPR)	Améliorer les données sur les Produits ligneux récoltés.	Parmi les améliorations, notons celles sur : i) l'ajout de précisions régionales aux paramètres de production et de vente de PLR utilisés dans le modèle sur les PLR; ii) le renforcement de l'analyse de l'incertitude des estimations des PLR en tenant compte de l'incertitude intrinsèque des intrants de C; iii) la détermination des demi-vies propres au pays pour une partie importante de la production de PLR représentant un temps de séjour des PLR beaucoup plus long que les valeurs par défaut du GIEC; iv) l'exactitude des coefficients d'émission des GES issus de la combustion résidentielle de biomasse; et v) les connaissances et la caractérisation relatives au bois de chauffage à usage industriel.	Amélioration continue	Élaboration de nouveaux paramètres
Déchets	Élimination des déchets solides (catégorie 5.A.2 du CUPR)	Projets à moyen terme.	Aucune amélioration n'est prévue à court terme. À moyen et long terme, les domaines d'intérêt sont : la prise en compte des données déclarées par les installations, la révision et l'utilisation possible des mesures directes de CH ₄ aux sites d'enfouissement et l'amélioration de la caractérisation des Produits ligneux récoltés dans le flux de déchets.	Amélioration continue	s.o.
	Traitement et rejet des eaux usées (catégorie 5.D du CUPR)	Mise à jour relative à la population associée au traitement.	Évaluer la possibilité de mieux désagréger la répartition spatiale des taux d'utilisation des installations septiques pour comprendre les villes de petite et moyenne tailles. Les méthodes d'évaluation actuelles visent les grandes villes (région métropolitaine de recensement) et le reste de la province ou du territoire est considéré comme une seule région pour l'évaluation. La mise à jour sur l'utilisation d'installations septiques régionales influera sur la taille estimative de la population ayant recours à un réseau de traitement centralisé.	Amélioration continue	Voir l'Annexe 3.6

RÉFÉRENCES

Chapitre 1, Introduction

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>.

[CCNUCC] Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2010. *Compilation of technical information on the new greenhouse gases and groups of gases included in the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [page Web] [modifiée le 27 juillet 2010; consultée le 15 janvier 2015].

[CCNUCC] Convention-cadre sur les changements climatiques. 2014. *Rapport de la Conférence des Parties sur sa dix-neuvième session, tenue à Varsovie du 11 au 23 novembre 2013. Additif. Deuxième partie : Mesures prises par la Conférence des Parties à sa dix-neuvième session, 24/CP.19* Révision des Directives FCCC pour la notification des inventaires annuels des Parties visées à l'annexe I de la Convention. Disponible en ligne : <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/fr/10a03f.pdf>.

Conseil du Trésor du Canada. 2012. *Politique sur la gestion de l'information* [modifiée le 1^{er} avril 2012]. Disponible en ligne : <http://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-fra.aspx?id=12742>.

[ECCC] Environnement et Changement Canada. 2015. General QC (Tier I QC Checklist), Quality Manual of the Pollutant Inventories and Reporting Division (PIRD). Document non publié.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2021. *Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre au Canada*. Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre, Environnement et Changement climatique Canada. 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. 2022. *Bulletin des tendances et des variations climatiques - Année 2021*. Environnement et Changement climatique Canada. Disponible en ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/recherche-donnees/tendances-variabilite-climatiques/tendances-variations/bulletin-annee-2021.html>.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2023. *Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre par les installations : Aperçu des émissions déclarées pour 2021*. 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.). Hayama (Japon) : Institute for Global Environmental Strategies. 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. 2012. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. et Miller H.L. (éd.). Cambridge (Royaume-Uni) et New York (New York), Cambridge University Press.. Disponible en ligne : <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-frontmatter-1.pdf>. (en anglais seulement).

[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.). Cambridge (Royaume-Uni) et New York (New York), 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.). Genève, Suisse : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 161 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. *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. et Federici S. (éd.). Genève, Suisse : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html> (en anglais seulement).

Hengeveld H., Whitewood B. et Ferguson A. 2005. *Une introduction au changement climatique : une perspective canadienne*. Ottawa (Ontario), Environnement Canada. Disponible en ligne : <https://publications.gc.ca/collections/Collection/En56-205-2005-1F.pdf>.

OMM. Organisation météorologique mondiale. 2020. *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 2019*. N° 16 : 23 novembre 2020. Disponible en ligne : https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10458.

[PNUE] Programme des Nations Unies pour l'environnement. Sans date. About Montreal Protocol. [Consulté le 8 janvier 2021]. Disponible en ligne : <https://www.unenvironment.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol> (en anglais seulement).

Chapitre 2, Tendances des émissions de gaz à effet de serre, 1990–2021

- [AB] Gouvernement de l'Alberta. 2018. *Methane Emission Reduction Regulation*. A.R. 244/2018. 2018 Dec 12. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/dataset/2018_244.
- [ACPA] Association canadienne des producteurs d'acier. 2013–2019. Association canadienne des producteurs d'acier. Données sur la production sidérurgique obtenues dans le cadre d'un contrat d'achat entre ECCC et l'ACPA.
- [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>.
- [ACPP] Association canadienne des producteurs de pétrole. 2022. *Statistical handbook for Canada's upstream petroleum industry*. [consulté le 22 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.capp.ca/resources/statistics/>.
- [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>.
- [AER] Alberta Energy Regulator. 2022. *Alberta's energy reserves and supply/demand outlook*. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st98>.
- Atherton E, Risk D, Fougère C, Lavoie M, Marshall A, Werring J, Williams JP, et 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. 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.
- [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>.
- Cenovus Energy. 2022. *Lloydminster upgrader throughput*. Rapport inédit. Fourni par Cenovus Energy à Environnement et Changement climatique Canada [2 novembre 2022].
- Chan E, Worth DEJ, Chan D, Ishizawa M, Moran MD, 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] Climate Watch Historical GHG Emissions. 2023. Washington (DC): World Resources Institute. Disponible en ligne : <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>.
- [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>.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2022. Programme de déclaration des gaz à effet de serre. Données confidentielles inédites.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique. 2023. Inventaire officiel des gaz à effet de serre du Canada. Disponible en ligne : <https://open.canada.ca/data/fr/dataset/779c7bcf-4982-47eb-af1b-a33618a05e5b>.
- Festa-Bianchet SA, Tyner DR, Seymour SP, Johnson MR. 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. *Environ. Sci. Technol.* Disponible en ligne : <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.2c06255>.
- [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*. Préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T et Tanabe K (éd.). IGES, Japon.
- Johnson MR, Tyner DR, 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.
- Johnson MR, Tyner DR, et Szekeres AJ. 2021. Blinded evaluation of airborne methane source detection using Bridger Photonics LiDAR. *Remote Sens. Environ.*, 259:112418.
- Johnson MR, Tyner DR, Conrad BM. 2023. Origins of Oil and Gas Sector Methane Emissions: On-Site Investigations of Aerial Measured Sources. *Environ. Sci. Technol.* Disponible en ligne : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.2c07318>.
- Liang B.C., MacDonald J.D., McConkey B.G., 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, et Fougère C, Risk D. 2021. Methane emissions from upstream oil and gas production in Canada are underestimated. *Sci. Rep.*, 11: 8041.

[NB RNDE] Nouveau Brunswick Ressources naturelles et Développement de l'énergie. 2022. Statistiques mensuelles de la production du pétrole et du gaz [consulté le 2 novembre 2022]. Disponible en ligne : https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/en/pdf/Minerals-Minerales/Monthly_Statistics.pdf.

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2022. *L'état des forêts au Canada – Rapport annuel 2022*. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Ottawa. 104 p. Disponible en ligne : <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/forets/letat-forets-canada-rapport-annuel/16497>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

Statistique Canada. 1990. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel)*. N° 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X>.

Statistique Canada. 2004–2012. *Acier, produits tubulaires et fil d'acier (mensuel)*. N° 41 019-X au catalogue (discontinué).

Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 361-00369-01 (anciennement CANSIM 380-0106) : Produit intérieur brut en termes de dépenses aux prix constants de 2012, annuel (x 1 000 000). [modifié le 29 novembre 2022; consulté le 3 janvier 2023]. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610036901>.

Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 17-10-0005-01 (anciennement CANSIM 051-0001) : Estimations de la population au 1^{er} juillet, par âge et sexe. [modifié le 21 décembre 2022; consulté le 4 janvier 2023]. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501>.

Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 25-10-0014-01 (anciennement CANSIM 126-0001) : 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>.

Statistique Canada. Sans date (d). Tableau 25-10-0063-01 (anciennement CANSIM 126-0003) : Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent, mensuel (mètres cubes). Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/type/donnees?texte=25100063>.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (e). Tableau 25-10-0047-01 (anciennement CANSIM 131-0001) – Gaz naturel, approvisionnements et utilisations mensuel. Données. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510004701>.

[StatCan] Statistique Canada. Sans date (f). Tableau 25-10-0055-01 (anciennement CANSIM 131-0004) – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel. Données. Disponible en ligne : www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510005501.

Statistique Canada. Sans date (g). Tableau 32-10-0130-01 : Nombre de bovins, selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (x 1 000), annuel, (tête). [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210013001>.

Tyner DR et Johnson MR. 2021. Where the Methane Is—Insights from Novel Airborne LiDAR Measurements Combined with Ground Survey Data. *Environ. Sci. Technol.*, 55(14): 9773-9783.

Zavala-Araiza D, Herndon SC, Roscioli JR, Yacovitch TI, Johnson MR, Tyner DR, Omara M, et Knighton B. 2018. Methane emissions from oil and gas production sites in Alberta, Canada. *Elem. Sci. Anth.*, 6: 27.

Chapitre 3, Énergie

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. *CH₄ 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. N° 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 (H₂S) 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 H₂S 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. *2020 Methane Emissions Management from the Upstream Oil and Gas Sector in Alberta*. Publié en janvier 2022. Disponible en ligne à : <https://open.alberta.ca/publications/methane-emissions-management-upstream-oil-and-gas-sector>.

AER. Alberta Energy Regulator. 1990–. *Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics, monthly supplement*. Édition 2009-2021. Disponible en ligne à : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st39>.

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.

Bowman, L., El Hachem, K., Boutot, J., et Kang, M. 2022. *Methane emissions from abandoned and suspended oil and gas wells in Alberta*. Université McGill (QC) : Génie civil. Préparé pour Environnement et Changement climatique.

CCNUCC. Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2012. FCCC/ARR/2011/CAN. *Report of the individual review of the annual submission of Canada submitted in 2011*, avril 2012. Disponible en ligne à : <http://unfccc.int/resource/docs/2012/arr/can.pdf>.

CCNUCC. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2014. FCCC/CP/2013/10/Add.3. *Rapport de la Conférence des Parties sur sa dix-neuvième session, tenue à Varsovie du 11 au 23 novembre 2013*. Décisions adoptées par la Conférence des Parties. Décision 24/CP.19. Révision des Directives FCCC pour la notification des inventaires annuels des Parties visées à l'annexe I de la Convention.

Cenovus Energy. 2022. *Lloydminster upgrader throughput*. Rapport inédit. Fourni par Cenovus Energy à Environnement et Changement climatique Canada [le 2 novembre 2022].

CGA. Canadian Gas Association. 1997. *1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry*. Calgary (Alberta). Radian International LLC.

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.

CIEEDAC. Canadian Industrial Energy End-Use Data Analysis Centre. 2015. *Energy use and CO₂ Emissions in Canadian Oil Refineries 1990, 1994–2013*. Burnaby (Colombie-Britannique). Université Simon Fraser.

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. 2017. *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. 2017a. *Updated Coal Emission, Energy Conversion and Oxidation Factors*. Rapport interne inédit d'Environnement et Changement climatique Canada. Ottawa (Ontario). Division des inventaires et rapports sur les polluants.

ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2017b. *Updated CO₂ 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. 2021. Exigences relatives à la quantification des gaz à effet de serre du Canada pour 2020. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (QC). Disponible en ligne à : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/declaration/exigences-de-quantification.html>.

El Hachem, K. et Kang, M. 2022. *Methane and hydrogen sulfide emissions from abandoned, active, and marginally producing oil and gas wells in Ontario, Canada* [publié le 3 février 2022]. Disponible en ligne à : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153491>.

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 à : 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*. Préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Dir. de publ. Eggleston H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara et K. Tanabe. Institut des stratégies environnementales mondiales, Kanagawa (Japon). Disponible en ligne à : <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. et Federici S. (éd.). Genève, Suisse : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne à : <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*. Disponible en ligne à : https://huskyenergy.com/downloads/abouthusky/publications/annualreports/HSE_Annual2019.pdf.

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.

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.

- McCann, T.J. 2000. *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors*. Rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd.
- Mourits, F. 2008. *Overview of the IEA GHG Weyburn-Midale CO₂ Monitoring and Storage Project: Presentation to Interdepartmental CCS Coordinating Committee*. Ressources naturelles 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).
- Petrinex. 2022. Petrinex : Canada's petroleum information network. *Saskatchewan Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data* [mentionné le 31 mars 2022]. <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx>.
- PTRC. Petroleum Technology Research Centre. 2004. *IEA GHG Weyburn CO₂ Monitoring & Storage Project Summary Report 2000–2004*. Regina (Saskatchewan).
- [RNCan] Ressources naturelles Canada. 2022. Base de données complète sur la consommation d'énergie – Secteur résidentiel. Office de l'efficacité énergétique [consulté en juillet 2022]. Disponible en ligne à : https://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm.
- SaskPower. 2023. *BD3 Status Update: January 2023*. Disponible en ligne à : BD3 Status Update: Q4 2022 (saskpower.com).
- SGA Energy Ltd. 2000. *Emission Factors and Uncertainties for CH₄ & N₂O from Fuel Combustion*. Rapport non publié préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par SGA Energy Ltd.
- Statistique Canada. 1990–. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. N° 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne à : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X>.
- Statistique Canada. 2002–2009. *Production, transport et distribution d'électricité* (annuel). N° 57-202-X au catalogue (a cessé de paraître).
- Townsend-Small A, T.W. Ferrara, D.R. Lyon, A.E. Fries et B.K. Lamb. 2016. *Emissions of coalbed and natural gas methane from abandoned oil and gas wells in the United States*. Geophysical Research Letters 43:2283–2290. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/2015GL067623>.
- Williams, J., Regehr, A., et Kang, M. 2020. *Methane Emissions from Abandoned Oil and Gas Wells in Canada and the United States*. [publié le 15 décembre 2020]. Disponible en ligne à : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c04265?ref=pdf>.

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.
- British Columbia Geological Survey. 2022. Provincial Overview of Exploration and Mining in British Columbia, 2021. Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Innovation à faible teneur en carbone de la Colombie-Britannique, Circulaire d'information 20221 de la commission géologique de la Colombie-Britannique [consulté le 29 août 2022]. Disponible en ligne : <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/mineral-exploration-mining/british-columbia-geological-survey/publications/informationcirculars>.
- CAC. Cement Association of Canada. 2014. Données non publiées sur la production canadienne de clinker.
- Cheminfo Services. 2002. *Review of Canadian SF₆ 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 (SF₆) 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 (NF₃)*. 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.

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>.

Environnement Canada. 1996. *Tioxide Canada Inc.* Montréal : Environnement Canada. N° au catalogue : En153-6/27-1996F. 4 p. Disponible en ligne : <https://publications.gc.ca/site/fra/9.816961/publication.html>.

Environnement Canada. 1999-2007. Inventaire national des rejets de polluants (INRP). *Données publiques sur les émissions de SF₆ provenant de la production de magnésium*. Disponible en ligne : <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/pollution-gestion-dechets/inventaire-national-rejets-polluants.html>.

Environnement Canada. 2015. Document non publié. *General Quality Control Checklist Guidance* (DIRP).

Environnement Canada. 2015. *Review of Country-specific HFCs Emission Estimations in the Refrigeration and Air Conditioning Sectors*. Rapport non publié. Ottawa (Ontario).

Environnement Canada et l'Association canadienne de l'électricité. 2008. *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF₆ pour les services d'électricité*.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2022. Programme de déclaration des gaz à effet de serre. Données confidentielles, non publiées.

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. 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. 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, vol. 3, Procédés industriels et utilisation des produits*. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, vol. 3, Industrial processes and product use*. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol3.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>.

GTIS. Global Trade Information Services Inc. *Canadian Soda Ash Import and Export Data*. [Données commerciales pour 1995-2006, consultées le 1^{er} oct. 2007; données pour 2007-2009, consultées le 21 juin 2010]. Disponible en ligne : <http://www.gtis.com>.

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. *Refrigerant Management Canada – What is the process for refrigerant disposal?* [Dernière mise à jour en 2023, consultation le 25 janvier 2023]. <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.

Jagues, 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.

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).

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).

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 annuelles. 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 1^{er} 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. 1985–1998. *Industries des produits minéraux non métalliques*. N° 44-250 XPB au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2003. *Fer et acier primaire* (mensuel). N° 41-001 XIB au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2004. *Ciment* (mensuel). N° 44-001-XIB au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2007. *Produits chimiques industriels et résines synthétiques* (mensuel). N° 46-002 XIE au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 1990–2021. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (annuel). N° 57-003-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2004–2012. *Acier, produits tubulaires et fil d'acier* (mensuel). N° 41-019-X au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. 2010–2018. *Base de données sur le commerce international canadien de marchandises*. N° 65C-0003 au catalogue. [Consulté le 28 nov. 2019]. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/65F0013X>.

Weidenhammer, Erich. *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., K.H. Ominski, D.L. Fulawka et K.M. Wittenberg. 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.

Campbell, C.A., R.P. Zentner, H.H. Janzen et K.E. Bowren. 1990. *Crop rotation studies on the Canadian prairie*. Ottawa (Ontario). Centre d'édition du gouvernement du Canada.

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.

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.

Coote, D.R., B.C. Liang et E.C. Huffman. 2008. *Crop residue burning in Canada*. Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Desjardins, R.L., E. Pattey, W.N. Smith, D. Worth, B. Grant, R. Srinivasan, J.I. MacPherson et M. Mauder. 2010. « Multiscale estimates of N₂O emissions from agricultural lands ». *Agricultural and Forest Meteorology* 150:817–824.

Desjardins, R.L., D.E. Worth, R. Srinivasan, E. Pattey, A.C. VanderZaag, M. Mauder, S. Metzger, D. Worthy et C. Sweeney. 2018. « The challenge of reconciling bottom-up agricultural methane emissions inventories with top-down measurements ». *Agricultural and Forest Meteorology* 248:48–59.

[EEA] European Environment Agency. 2019. *EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook 2019*. Technical Report No. 13/2019. Copenhagen (DK): European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>.

[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, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K (eds). Hayama (Japan): Institute for Global Environmental Strategies. 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*. Vol. 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres. [accessed 2020 May 22]. Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S. (eds). Suisse : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>.

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*, 83:53–72.

Jambert, C., R. Delmas, D. Serça, L. Thouron, L. Labroue et L. Delprat. 1997. « N₂O and CH₄ 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.

Karimi-Zindashty, Y., J.D. Macdonald, R.L. Desjardins, D. Worth, J.J. Hutchinson, X.P.C. Vergé. 2012. « Sources of uncertainty in the IPCC Tier 2 Canadian livestock model ». *The Journal of Agricultural Science*, 150:556–559.

Karimi-Zindashty, Y., J.D. Macdonald, 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.

Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004a. *Cultivated organic soils in Canada*. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Édifice Fontaine, 200, boul. Sacré-Coeur, Gatineau (Québec).

Liang, B.C., B.G. McConkey, C.A. Campbell, D. Curtin, G.P. Lafond, S.A. Brandt et A.P. Lafond. 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 R. Desjardins. 2020. Developing a country specific method for estimating nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada. *Nutr Cycl Agroecosyst* 117, 145–167.

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 préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau (Québec), Canada.

Malhi, S.S., et R. Lemke. 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., 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 (Ont.) : Department of Land Resource Science, Université de Guelph. 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., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 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 (Ontario), Canada.

McAllister, T.A., et J. Basarab. 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 (Alb.) : Agriculture et Agroalimentaire Canada. Préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

McConkey, B.G., C.A. Campbell, R.P. Zentner, F.B. Dyck et F. Selles. 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., 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 & Tillage Research*, 74:81–90.

Mosier, A., C. Kroeze, C. Nevison, O. Oenema, S. Seitzinger et O. van Cleemput. 1998. « Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle ». *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 52:225–248.

Patni, N., et R. Desjardins. 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).

Rochette, P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle et R.L. Desjardins. 2008a. « Estimation of N₂O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology », *Canadian Journal of Soil Science* 88:641–654.

Rochette, P., D.A. Angers, M.H. Chantigny et N. Bertrand. 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., 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, Liang C, Pelster D, Bergeron O, Lemke R, Kroebe 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 NH₃ emissions from beef cattle ». *Canadian Journal of Animal Science* 92(4):525–543.
- Sheppard, S.C., S. Bittman et J. Tait. 2009a. « Monthly NH₃ 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 NH₃ 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 NH₃ 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

- Bailey, A.W. et B.C. Liang. 2013. *Burning of managed grasslands in Alberta, Saskatchewan and British Columbia*. Western Rangeland Consultants Inc. Edmonton (Alberta) : Environnement Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Gatineau (Québec).
- Blondel A. 2022. *LULUCF Data Warehouse Documentation - Version 2022*. Rapport inédit. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- 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 (ON): 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, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 9 p.
- Dyk, A., D. Leckie, S. Tinis et S. Ortlepp. 2015. *Canada's National Deforestation Monitoring System: System Description*. Victoria (Colombie-Britannique). Ressources naturelles Canada, Service canadien de la faune, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (Colombie-Britannique), rapport d'information BC-X-439, 30 p. Disponible en ligne : http://scf.rncan.gc.ca/publications?id=36042&lang=fr_CA.
- Dymond, C. 2008. *Overview QAQC procedures for NIR 2009*. Rapport interne. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Victoria (Colombie-Britannique).
- [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-aperçu/sources/terres-humides.html>.
- Fan JL, McConkey BG, Liang BC, Angers DA, Janzen HH, Krobek R, Cerkowniak DD, et WN Smith. 2019. Increasing crop yields and root input make Canadian farmland a large carbon sink. *Geoderma* 336: 49-58.
- [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): Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/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*. GIEC Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (dir. de publ.). Hayama (Japon): Institute for Global Environmental Strategies. 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): Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/0905_MLP_Report.pdf.
- [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/>.
- [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, Sherman P, Federici S (dir. de publ.). Suisse: GIEC. Disponible en ligne : <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>.

- Groupe de travail national sur les terres humides. 1997. *Le système de classification des terres humides du Canada*. 2^e 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/>.
- Groupe de travail sur la classification des sols. 1998. *Le système canadien de classification des sols*. 3^e édition. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, publication n° 1646, Presses scientifiques du CNRC.
- Hafer M, Fellows, M, Fisher, K, Hudson B, Magnan M, Metsaranta J, Morken, S, Neilson, E, Nesdoly, A, Kurz W. 2022. *NFCMARS Methodological Updates for the National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2023)*. Rapport non publié. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.
- Hafer M, Hudson B, Voicu M, Magnan M, Magnus G, Metsaranta J, Kurz W. 2020. *NFCMARS Updates for the National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2021)*. Rapport inédit. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.
- 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*. Actes du 35^e symposium EARSeL, 15-19 juin 2015; Stockholm, Suède. Disponible en ligne à <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.
- 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 présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- Janzen, H.H., C.A. Campbell, E.G. Gregorich et B.H. Ellert. 1997. *Soil Carbon Dynamics in Canadian Agroecosystems*. In 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.
- Keys D. 1992. *L'extraction de la tourbe et l'environnement au Canada*. Communication n° 1992-3. Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada).
- 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>.
- Leckie, D. 2011. *Deforestation Area Estimation Uncertainty for Canada's National Inventory Report*. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria, Rapport DRS-N-030, Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria, Colombie-Britannique, 12 p.
- Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. *Cultivated organic soils in Canada*. Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, Gatineau (Québec).
- Liang, B.C., 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, VandenBygaart AJ, Cerkowniak D, MacDonald DJ, McConkey BG, Desjardins RL, et DA Angers. 2020. Revisiting no no-till's impact on soil organic carbon storage in Canada. *Soil and Tillage Research* 198: 104529. Disponible en ligne à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198719310128>.
- Liang BC, Hao XY, Schoenau J, Ma BL, Zhang TQ, MacDonald JD, Chantigny M, Dyck M, Smith WN, Malhi SS, et al. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 321: 107619. Disponible en ligne à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880921003236>.
- Marshall, I.B. et P. Shut. 1999. *Cadre écologique nationale 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.
- 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.

- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2005a. *Initiative de l'Étude de faisabilité sur le boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMP) : analyse des politiques de boisement*. Service canadien des forêts.
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2005b. *Programme d'évaluation et de démonstration de plantations (EDP) de Forêt 2020 : analyse des politiques de boisement*. Service canadien des forêts.
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2011. *Peatlands of Canada*. Commission géologique du Canada. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.4095/288786>.
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2020b. *Statistiques annuelles de la production minérale*. Natural Resources Canada. Disponible en ligne à : <https://mmsd.nrcan-rncan.gc.ca/prod-prod/ann-ann-eng.aspx?FileT=2019&Lang=en>.
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2022. *L'état des forêts au Canada : Rapport annuel 2022*. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Ottawa. 104 p. Disponible en ligne : <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/forets/letat-forets-canada-rapport-annuel/16497>.
- 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.
- 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, MacDonald D, Samson C, et C. Flemming. 2021. *An updated approach for assessing Canada's urban forest carbon storage and sequestration*. Rapport interne. Ottawa (ON) : Environnement Canada.
- Thiagarajan A, Fan JL, McConkey BG, et CA 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, Liang BC, MacDonald JD, Smith W, VandenBygaart B, Grant B, Kroebel R, Janzen H, Zhang TQ, McConkey BG, 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 (ON) : TNS Global.
- [TNS] TNS Canada. 2012. *Residential fuelwood combustion in Canada*. Présenté à Ressources naturelles Canada. Rapport 1381/ BT. Toronto (ON) : 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. Benthall 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, JC, Wulder, MA, Hermosilla, T, Coops, NC, Hobart, GW. 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, JC, Hermosilla, T, Wulder, MA, Coops, NC. 2022. Mapping, validating, and interpreting spatio-temporal trends in post-disturbance forest recovery. *Remote Sensing of Environment* 271.
- White, T. et C. Dymond. 2008. *NIR 2007 QA/QC report*. Rapport interne. Ottawa (Ontario). Environnement Canada.

Chapitre 7, Déchets

- AECOM Canada. 2011. *Improved methodology for the estimation of greenhouse gases from Canadian municipal wastewater treatment facilities*.
- AECOM Canada. 2012. *Evaluation of Canada's estimation methodology of nitrous oxide emissions from human sewage*. Rapport final.
- 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 interne 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 interne inédit. Ottawa (ON), Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020c. *Waste incineration in Canada 1990-2008 – A summary of findings from surveys conducted in 2006-2018*. Rapport interne inédit. Ottawa (Ontario), Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC.

[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 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. 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. *Amélioration de 2019 aux Lignes directrices 2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/> (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.

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>.

Statistique Canada. Sans date (a). Enquête sur les ménages et l'environnement. [consulté en juillet 2019]. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3881.

Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 38-10-0034-01 (anciennement 153-0043) – Matières récupérées, selon le type, Canada, provinces et territoires, aux deux ans. CANSIM (base de données). Dernière mise à jour le 24 mars 2017 [consulté en juillet 2019]. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810003401>.

Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 38-10-0032-01 (anciennement 153-0041) – Élimination de déchets, selon la source, Canada, provinces et territoires. CANSIM (base de données). [consulté le 14 septembre 2021]. Disponible en ligne à : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810003201&request_locale=fr.

Chapitre 8, Recalculs et mesures d'amélioration

Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Technical report on Canada's upstream oil and gas industry*. Vol. 1–4. Préparé pour Environnement Canada. Calgary (AB): Clearstone Engineering Ltd.

[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*. Préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éd.). IGES, Japon.

[RNCAN et ECCC] Ressources naturelles Canada et Environnement et Changement climatique Canada. 2022. *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 – 2023 à 2025*. Disponible à l'adresse : https://data.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/E-LULUCF-ATCATF/PlanAmeliorationForesterie_2023_2025.pdf.

PARTIES 2 ET 3

L'édition 2023 du Rapport d'inventaire national (RIN) du Canada sera publiée simultanément dans les deux langues officielles, soit le français et l'anglais. La Partie 1 du RIN (Sommaire et Chapitres 1 à 8) a été soumise en format PDF à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) dans les deux langues officielles. Tout le contenu des Parties 2 et 3 du RIN (Annexes 1 à 13) est également disponible dans les deux langues officielles, sous divers formats, sur ouvert.canada.ca¹, comme présenté ci-dessous.

RIN	Annexe	Contenu
Partie 2	1	Catégories clés
	2	Incertitude
	3	Méthodologies
	3.1	Utilisation de combustibles fossiles
	3.2	Production, transformation, transport et distribution de combustibles fossiles
	3.3	Secteur des Procédés industriels et utilisation des produits
	3.4	Secteur de l'Agriculture
	3.5	Secteur de l'Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie
	3.6	Secteur des Déchets
	4	Comparaison des approches sectorielle et de référence approches, et le bilan énergétique national
	5	Évaluation de l'exhaustivité
	6	Coefficients d'émission
	7	Précurseurs d'ozone et d'aérosols
Partie 3	8	Protocole d'arrondissement par secteur du GIEC
	9	Tableaux des émissions de GES au Canada par secteurs du GIEC, de 1990 à 2021
	10	Tableaux des émissions de GES au Canada par secteurs économiques, de 1990 à 2021
	11	Tableaux des émissions de GES provinciales et territoriales par secteurs du GIEC, de 1990 à 2021
	12	Tableaux des émissions de GES provinciales et territoriales par secteurs économiques, de 1990 à 2021
	13	L'électricité au Canada: Sommaire et tableaux sur l'intensité

¹ ECCC. 2023. Inventaire officiel des gaz à effet de serre du Canada - Environnement et Changement climatique Canada données. Disponible en ligne à : <https://data.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/?lang=fr>.