

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 2

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

Liste de tableaux	ii
Liste de figures	ix
Liste des abréviations et unités communes	xi
Annexe 1	Catégories clés
	A1.1. Catégories clés – méthodologie
	A1.2. Tableaux des catégories clés
Annexe 2	Incertitude
	A2.1. Introduction
	A2.2. Interprétation de l'incertitude sur les estimations de l'inventaire
	A2.3. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2021
	A2.4. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour l'année de référence
	A2.5. Améliorations prévues
Annexe 3	Méthodologies
	A3.1. Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles
	A3.2. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles
	A3.3. Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits
	A3.4. Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture
	A3.5. Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
	A3.6. Méthodologie pour le secteur des Déchets
Annexe 4	Comparaison des approches sectorielle et de référence et le bilan énergétique national
	A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle
	A4.2. Méthode de référence
	A4.3. Bilan énergétique national
	A4.4. Coefficients d'émission implicites dans le CUPR
Annexe 5	Évaluation de l'exhaustivité
Annexe 6	Coefficients d'émission
	A6.1. Combustion des combustibles
	A6.2. Procédés industriels
	A6.3. Fabrication et utilisation d'autres produits
	A6.4. Agriculture
	A6.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
	A6.6. Combustion de la biomasse
	A6.7. Déchets
Annexe 7	Précurseurs d'ozone et d'aérosols
Références	330

LISTE DE TABLEAUX

Tableau A1-1	Agrégation des catégories du GIEC.....	3
Tableau A1-2	Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2021	5
Tableau A1-3	Catégories clés de 1990 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	7
Tableau A1-4	Catégories clés de 2021 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	8
Tableau A1-5	Catégories clés selon l'évaluation de la tendance sans l'ATCATF	9
Tableau A1-6	Catégories clés selon l'évaluation de la tendance avec l'ATCATF	10
Tableau A2-1	Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, sans le secteur d'Affectation des terres et foresterie	13
Tableau A2-2	Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, avec le secteur d'Affectation des terres et foresterie	17
Tableau A3.1-1	Références des données sur les activités utilisées par le modèle	24
Tableau A3.1-2	Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public	25
Tableau A3.1-3	Méthodes d'estimation des émissions dans les catégories Raffinage du pétrole, Fabrication de combustibles solides et Extraction de pétrole et de gaz.....	28
Tableau A3.1-4	Méthodes d'estimation des émissions pour la catégorie Industries manufacturières et Construction	30
Tableau A3.1-5	Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Autres secteurs	32
Tableau A3.1-6	Valeurs de normalisation pour l'essence, certaines années	36
Tableau A3.1-7	Valeurs de normalisation pour le carburant diesel, certaines années	36
Tableau A3.2-1	Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille pour 2021.....	45
Tableau A3.2-2	Niveau 2 du GIEC – % de mines gazeuses par intervalle de temps	47
Tableau A3.2-3	Niveau 2/3 du GIEC – Coefficients des coefficients d'émission.....	47
Tableau A3.2-4	Niveau 2/3 du GIEC – Mines de charbon souterraines abandonnées, 2021	47
Tableau A3.2-5	Répartition des émissions de l'inventaire du secteur du PGA selon les catégories d'émissions fugitives du CUPR	49
Tableau A3.2-6	Données sur les activités requises et leurs sources	52
Tableau A3.2-7	Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions produites par le torchage par région et par année.....	53
Tableau A3.2-8	Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions d'évacuation déclarées par région et par année.....	54
Tableau A3.2-9	Données sur les activités utilisées pour extrapoler les autres émissions fugitives par région pour toutes les années	55
Tableau A3.2-10	Composition moyenne du gaz naturel selon la catégorie de production de la Saskatchewan	61
Tableau A3.2-11	Sources de données utilisées pour déterminer les nombres d'installations et de puits	63
Tableau A3.2-12	Sources de données pour les coefficients de composantes utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont.....	64
Tableau A3.2-13	Coefficients d'émissions des appareils pneumatiques	64

Tableau A3.2–14	Coefficients d'émissions provenant des joints d'étanchéité des compresseurs.....	65
Tableau A3.2–15	Coefficients d'émissions associés aux fuites fugitives provenant de l'équipement	67
Tableau A3.2–16	Fréquence des activités de DERF selon le scénario	68
Tableau A3.2–17	Compositions moyennes du gaz naturel utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont	68
Tableau A3.2–18	Exigences provinciales relatives à la détection, au signalement et à la réparation des situations d'évacuation de gaz par les tubages de surface	69
Tableau A3.2–19	Renseignements clés extraits des sources de données sur l'évacuation de gaz par les tubages de surface	70
Tableau A3.2–20	Hypothèses fondées sur les exigences réglementaires pour différents scénarios de signalement d'ETS.....	70
Tableau A3.2–21	Données sur les activités des raffineries et leurs sources	74
Tableau A3.2–22	Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur le bitume (ACPP, 2006)	76
Tableau A3.2–23	Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur les sables bitumineux d'ECCC (ECCC, 2017)	77
Tableau A3.2–24	Fondement des estimations des émissions pour chaque installation de l'industrie des SB/VPL.....	78
Tableau A3.2–25	Données sur les activités requises pour le modèle des sables bitumineux	79
Tableau A3.2–26	Coefficients d'émission pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés	80
Tableau A3.2–27	Données sur les activités requises pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés.....	81
Tableau A3.2–28	Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux par année et par province ou territoire	83
Tableau A3.2–29	Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur pour les fuites dans les installations industrielles et les centrales électriques par année et par province ou territoire	83
Tableau A3.2–30	Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur des véhicules alimentés au gaz naturel pour toutes les années et toutes les régions.....	84
Tableau A3.2–31	Résumé des données sur les activités donnant lieu à des émissions fugitives en aval du compteur, et de leurs sources.....	85
Tableau A3.3–1	Usines du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite (2021)	88
Tableau A3.3–2	Données sur les années d'activité pour l'importation et l'exportation de HFC en vrac, années de la collecte, et source des données.....	93
Tableau A3.3–3	Données sur les années d'activité pour les biens fabriqués importés et exportés contenant des HFC, années de la collecte, et sources des données.....	93
Tableau A3.3–4	Applications et sous-applications des HFC au Canada	94
Tableau A3.3–5	Variables de substitution utilisées pour l'extrapolation des tendances pour les HFC	96
Tableau A3.4–1	Catégories d'animaux et sources de données sur les populations	106
Tableau A3.4–2	Approche de production bovine par étapes.....	107
Tableau A3.4–3	Caractéristiques typiques de la production laitière canadienne en 2001.....	108
Tableau A3.4–4	Production laitière moyenne de 1990 à 2021 par province	110
Tableau A3.4–5	Caractéristiques typiques de la production bovine au Canada en 2001, selon diverses sources	111
Tableau A3.4–6	Indicateurs de changement du poids vif en fonction du temps pour les sous-catégories de bovins.....	112
Tableau A3.4–7	Populations provinciales d'animaux d'élevage par sous-catégorie, pour certains animaux d'élevage, en 2021	113
Tableau A3.4–8	Exemple de paramètres de l'équation pour calculer l'énergie brute par système de production, pour deux provinces, en 2021	114

Tableau A3.4–9	Exemple de série chronologique du poids des bovins par système de production, pour deux provinces, certaines années	115
Tableau A3.4–10	Matière sèche ingérée par sous-catégorie de bovins, certaines années, de 1990 à 2021, estimée en fonction de l'apport énergétique brut	118
Tableau A3.4–11	Coefficients d'émission de CH ₄ pour la fermentation entérique des bovins, certaines années, de 1990 à 2021	119
Tableau A3.4–12	Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique.....	124
Tableau A3.4–13	Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins en 2021 et intervalle de confiance connexe de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne.....	126
Tableau A3.4–14	Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier de porc en 2021	127
Tableau A3.4–15	Digestibilité de l'alimentation (DA %) approximative pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage, et sources de données	127
Tableau A3.4–16	Matière sèche ingérée pour certaines catégories d'animaux d'élevage	128
Tableau A3.4–17	Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage, et sources de données	128
Tableau A3.4–18	Pourcentages de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) au Canada (par catégorie d'animaux, d'après la répartition des populations en 2021)	130
Tableau A3.4–19	Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH ₄ issues de la gestion des fumiers des bovins, par sous-catégories, de 1990 à 2021	131
Tableau A3.4–20	Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH ₄ issues de la gestion des fumiers de porcs, par sous-catégories, de 1990 à 2021	132
Tableau A3.4–21	Coefficients d'émission de CH ₄ pour la gestion des fumiers de tous les autres animaux d'élevage, 2021	133
Tableau A3.4–22	Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers.....	136
Tableau A3.4–23	Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les bovins (kg N animal ⁻¹ année ⁻¹)	138
Tableau A3.4–24	Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les porcs (kg N animal ⁻¹ année ⁻¹)	139
Tableau A3.4–25	Taux d'excrétion de N provenant du fumier pour tous les autres animaux	139
Tableau A3.4–26	Application des CE ₄ tirés de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, par écozone.....	141
Tableau A3.4–27	Pertes totales de N, de NH ₃ -N et de NO _x -N associées à divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers	142
Tableau A3.4–28	Pertes totales de N, de NH ₃ -N et de NO _x -N associées aux systèmes de gestion des fumiers des bovins laitiers	142
Tableau A3.4–29	Pertes totales de N, de NH ₃ -N et de NO _x -N associées aux systèmes de gestion des fumiers des porcs	143
Tableau A3.4–30	Coefficients de rapports du N ₂ O dans les sols pour les systèmes de culture et les sources de N	146
Tableau A3.4–31	Sources de données utilisées pour déterminer la production annuelle de biosolides et leurs caractéristiques à l'échelle provinciale.....	147
Tableau A3.4–32	Comparaison entre les données sur la production estimée de biosolides et les chiffres déclarés par des RMR individuelles et provinciales	149

Tableau A3.4–33	Émissions d'oxyde nitreux attribuables à l'urine et au fumier de bœuf dans les pâturages de l'Ouest du Canada.....	152
Tableau A3.4–34	Coefficients de rapports du N ₂ O pour le travail du sol, par écozone.....	155
Tableau A3.4–35	Coefficients pour le type de cultures, les types d'engrais azotés inorganiques, la méthode d'épandage des engrais, les propriétés chimiques du sol et le climat élaborés par Bouwman et al. (2002b)	158
Tableau A3.4–36	Coefficients d'émission d'ammoniac pour les engrais azotés inorganiques appliqués aux cultures annuelles, pondérés en fonction des propriétés du sol pour chaque province (%).....	158
Tableau A3.4–37	Fraction du N volatilisé (FRAC _{GAZE}) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale.....	159
Tableau A3.4–38	Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale	159
Tableau A3.4–39	Fraction du N produit par les porcs volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale.....	159
Tableau A3.4–40	Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage dans les pâturages, les grands parcs et les enclos, en 2021, à l'échelle provinciale	160
Tableau A3.4–41	Paramètres d'incertitude utilisés dans le calcul des émissions de N ₂ O agricoles	163
Tableau A3.4–42	Brûlage des résidus de récolte selon les types de culture en 2006	164
Tableau A3.4–43	Brûlage des résidus de récolte par province, au Canada, pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006.....	166
Tableau A3.5–1	Nombre d'unités analytiques spatiales des forêts aménagées	168
Tableau A3.5–2	Réservoirs de carbone forestier selon les lignes directrices du GIEC et la modélisation MBC-SFC3.....	169
Tableau A3.5–3	Principales sources d'information et de données sur les forêts aménagées	173
Tableau A3.5–4	Plages d'incertitude pour le carbone des produits ligneux récoltés, par province et territoire du Canada	180
Tableau A3.6–1	Contenu de carbone organique dégradable (COD) de déchets et fraction de carbone organique dégradable qui se décompose (COD _i)	228
Tableau A3.6–2	Constantes du taux de décomposition et demi-vies des déchets, par climat	229
Tableau A3.6–3	Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux, de 1990 à 2021 (millions de tonnes)	232
Tableau A3.6–4	Sources de la caractérisation des déchets utilisées	233
Tableau A3.6–5	Proportion de déchets enfouis dans les régions climatiques humides ou sèches de chaque province et territoire	233
Tableau A3.6–6	Quantité de CH ₄ produit, récupéré et émis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux au Canada (1990–2021)	235
Tableau A3.6–7	Quantité de déchets de bois industriels enfouis au Canada, de 1990 à 2021	237
Tableau A3.6–8	Déchets de bois enfouis par province (tonnes anhydres)	238
Tableau A3.6–9	Résumé des paramètres d'entrée du modèle d'enfouissement des déchets ligneux.....	239
Tableau A3.6–10	Estimation en tonnes des déchets incinérés par source de déchets, de 1990 à 2021.....	243
Tableau A3.6–11	Coefficients par défaut utilisés dans l'Équation A3.6–10 pour déterminer les émissions de CO ₂ provenant de l'incinération.....	245
Tableau A3.6–12	Coefficients d'émission de N ₂ O et de CH ₄ par défaut pour les installations d'incinération.....	247
Tableau A3.6–13	Sommaire national des émissions d'éq. CO ₂ (kilotonnes) provenant de l'incinération, de 1990 à 2021	248
Tableau A3.6–14	Coefficients d'émission de CH ₄ pour le Traitement et rejet des eaux usées.....	251

Tableau A3.6–15	Pourcentage de la population canadienne qui utilise chaque type de technologie de traitement des eaux usées	256
Tableau A3.6–16	Caractéristiques des boues (conversion de la DBO ₅ en total de solides en suspension et fraction des matières volatiles en suspension)	257
Tableau A3.6–17	Coefficients d'émission du N ₂ O et élimination du N par différents types de traitements	263
Tableau A3.6–18	Apport et consommation canadienne de protéines	264
Tableau A4–1	Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada	267
Tableau A4–2	Contenus énergétiques et coefficients d'émission applicables au Canada selon la méthode de référence	268
Tableau A5–1	Sommaire des sources et des puits de GES non estimés	272
Tableau A5–2	Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs	276
Tableau A6.1–1	Coefficients d'émission de CO ₂ pour le gaz naturel marchand	285
Tableau A6.1–2	Coefficients d'émission du CO ₂ de l'Alberta pour le gaz naturel non commercialisable	286
Tableau A6.1–3	Coefficients d'émission du CH ₄ et du N ₂ O pour le gaz naturel	286
Tableau A6.1–4	Coefficients d'émission pour les liquides de gaz naturel	287
Tableau A6.1–5	Coefficients d'émission pour les produits pétroliers raffinés	288
Tableau A6.1–6	Coefficients d'émission du CO ₂ pour le coke de pétrole et le gaz de distillation	289
Tableau A6.1–7	Coefficients d'émission du N ₂ O pour le coke de pétrole	289
Tableau A6.1–8	Coefficients d'émission du CH ₄ pour le gaz de distillation (raffineries et autres)	290
Tableau A6.1–9	Coefficients d'émission du CO ₂ pour le charbon	291
Tableau A6.1–10	Coefficients d'émission du CO ₂ pour les produits du charbon	291
Tableau A6.1–11	Coefficients d'émission du CH ₄ et de N ₂ O pour le charbon	292
Tableau A6.1–12	Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille (t CH ₄ /kt de charbon extrait)	292
Tableau A6.1–13	Coefficients d'émission pour les combustibles de remplacement	293
Tableau A6.1–14	Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'Énergie	295
Tableau A6.2–1	Étendue des coefficients d'émission du CO ₂ pour les produits minéraux	296
Tableau A6.2–2	Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac	296
Tableau A6.2–3	Coefficients d'émission du N ₂ O pour la production d'acide nitrique et d'acide adipique	296
Tableau A6.2–4	Coefficients d'émission pour les produits pétrochimiques	297
Tableau A6.2–5	Coefficients d'émission pour les sous-produits de la production de composés fluorés	297
Tableau A6.2–6	Coefficients d'émission du CO ₂ pour l'industrie de la sidérurgie	298
Tableau A6.2–7	Teneur en carbone pour l'industrie sidérurgique	298
Tableau A6.2–8	Coefficients d'émission de niveau 1 pour la production d'aluminium	298
Tableau A6.2–9	Coefficients d'émission du CO ₂ pour l'utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques	299
Tableau A6.2–10	Coefficients d'émission pour l'utilisation des PFC, SF ₆ et NF ₃ dans l'industrie électronique	299
Tableau A6.2–11	Les HFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) – coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%)	300
Tableau A6.2–12	Les PFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) – coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%)	301

Tableau A6.3–1	Coefficients d'émission pour l'utilisation de N ₂ O (comme anesthésique et comme agent propulseur)	301
Tableau A6.3–2	Coefficients d'émission pour les émissions de PFC provenant des autres applications confinées	301
Tableau A6.3–3	Coefficients d'émission pour l'utilisation d'urée dans les véhicules à RCS	302
Tableau A6.4–1	Coefficients d'émission (CE) du CH ₄ pour la fermentation entérique chez les bovins, de 1990 à 2021	303
Tableau A6.4–2	Coefficients d'émission (CE) du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines	304
Tableau A6.4–3	Potentiel de production maximale de méthane (B ₀) par catégorie animale	304
Tableau A6.4–4	Facteurs de conversion en méthane (FCM) par catégorie animale et système de gestion des fumiers	305
Tableau A6.4–5	Facteurs de conversion du méthane (FCM) pour les bovins laitiers et les porcs	305
Tableau A6.4–6	Coefficients d'émission (CE) pour estimer les émissions de CH ₄ issues de la gestion des fumiers des différentes sous-catégories de bovins, de 1990 à 2021	305
Tableau A6.4–7	Coefficients d'émission (CE) pour estimer les émissions de CH ₄ issues de la gestion des fumiers des différentes sous-catégories de porcs, de 1990 à 2021	306
Tableau A6.4–8	Coefficients d'émission (CE) du CH ₄ pour la gestion des fumiers d'animaux autres que les bovins, 2021	306
Tableau A6.4–9	Coefficients d'émission pour les bovins laitiers et les porcs pour la perte d'azote (N) du fumier sous forme de N ₂ O-N par les systèmes de gestion des déchets animal	307
Tableau A6.4–10	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O-N, par catégorie animale et par les systèmes de gestion des déchets animal	307
Tableau A6.4–11	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O, pendant l'entreposage de fumier de bovins et de porcs	308
Tableau A6.4–12	Coefficients d'émission (CE) de 2021 pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O, pendant l'entreposage de fumier d'animaux autres que les bovins et les porcs	308
Tableau A6.4–13	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) de fumier de bovins et de porcs, sous forme de N ₂ O, attribuables à la volatilisation et au lessivage pendant l'entreposage	309
Tableau A6.4–14	Coefficients d'émission (CE) annuels pour les pertes d'azote (N) de fumier de bovins et de porcs, sous forme de NH ₃ , attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage	310
Tableau A6.4–15	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O, attribuables à la volatilisation et au lessivage pendant l'entreposage, 2021	310
Tableau A6.4–16	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH ₃ , attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage, 2021	311
Tableau A6.4–17	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O, attribuables au fumier de bovins produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos	311
Tableau A6.4–18	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos	312
Tableau A6.4–19	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH ₃ , attribuables à la volatilisation du fumier produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos	312
Tableau A6.4–20	Coefficients d'émission (CE) pour les résidus de culture et les pertes d'azote (N) des engrais organiques et inorganiques, sous forme de N ₂ O, à la suite de l'épandage sur les sols agricoles	313
Tableau A6.4–21	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH ₃ , attribuables aux sols agricoles	313
Tableau A6.4–22	Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N ₂ O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier épandu sur les sols agricoles	314
Tableau A6.4–23	Fraction de l'azote volatilisé (FRACGASM) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage de N biosolide sur les sols agricoles	314

Tableau A6.4–24	Coefficient d'émission de N ₂ O pour la culture de sols organiques à latitude moyenne	314
Tableau A6.4–25	Coefficient d'émission (CE) pour l'azote (N) biosolide relâché indirectement sous forme de N ₂ O en raison de la lixiviation des biosolides appliqués aux sols agricoles	314
Tableau A6.4–26	Fraction de l'azote volatilisé (FRACGASF) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale	315
Tableau A6.4–27	Émissions indirectes de N ₂ O provenant des sols agricoles	315
Tableau A6.4–28	Émissions de CH ₄ et de N ₂ O provenant de l'incinération des résidus agricoles dans les champs	315
Tableau A6.4–29	Émissions de CO ₂ attribuables au chaulage et à l'application d'urée	315
Tableau A6.5–1	Valeurs par défaut des paramètres utilisés dans l'analyse des Produits ligneux récoltés	318
Tableau A6.5–2	Densité du bois selon les produits	318
Tableau A6.5–3	Demi-vies (années) des produits ligneux récoltés utilisés	319
Tableau A6.5–4	Coefficients du carbone organique du sol agricole par région et par type de changement d'aménagement des terres (CAT)	319
Tableau A6.5–5	Ratios C:N du fumier provenant des principaux animaux d'élevage et systèmes de gestion de fumier, épandu sur des sols agricoles	320
Tableau A6.5–6	Rétention du C issu de l'épandage de fumier sur des sols destinés à une production annuelle	320
Tableau A6.5–7	Paramètres et coefficients d'émission (CE) servant à l'estimation des émissions produites par l'extraction de tourbe	321
Tableau A6.5–8	Densité du stockage et de la séquestration du carbone dans les arbres urbains	322
Tableau A6.5–9	Carbone organique du sol dans les terres forestières et cultivées (0 à 30 cm de profondeur)	322
Tableau A6.6–1	Coefficients d'émission pour la biomasse	323
Tableau A6.6–2	Coefficients d'émission pour la combustion des gaz d'enfouissement	324
Tableau A6.7–1	Facteurs de correction du méthane (FCM) et coefficients d'émissions (CE) pour le CH ₄ provenant du traitement et du rejet des eaux usées	325
Tableau A6.7–2	Coefficient d'émission pour le N ₂ O provenant du traitement et du rejet des eaux usées	326
Tableau A6.7–3	Coefficients d'émission pour l'incinération des déchets	327
Tableau A6.7–4	Coefficient d'émission pour le traitement biologique des déchets solides	328

LISTE DE FIGURES

Figure A3.1–1	Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES	21
Figure A3.2–1	Représentation graphique de la méthode du « calage »	56
Figure A3.2–2	Alberta Township System (ATS)	58
Figure A3.2–3	Zones de production pétrolière et gazière en Saskatchewan	59
Figure A3.2–4	Contenu en méthane par canton en Alberta avec certaines formations produisant du pétrole et du gaz	60
Figure A3.3–1	Procédés de sidérurgie au Canada	89
Figure A3.4–1	Aperçu des principales méthodes et des niveaux du GIEC utilisés pour estimer les émissions de la production d'animaux d'élevage et de cultures	104
Figure A3.4–2	Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC	112
Figure A3.4–3	Masse animale type des porcs, par catégorie de poids	116
Figure A3.4–4	CE_CT en fonction des précipitations à long terme pendant la saison de croissance (P).....	145
Figure A3.4–5	Présentation schématique détaillée des procédures et sources de données utilisées pour déterminer la série chronologique de la production de biosolides à l'échelle provinciale.....	148
Figure A3.4–6	Production nationale de biosolides (kt de solides secs) par rapport à la production totale estimée de biosolides	149
Figure A3.4–7	Expéditions d'engrais azotés inorganiques au Canada, de 1990 à 2021.....	151
Figure A3.4–8	Détermination des valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ pour l'écodistrict.....	161
Figure A3.5–1	Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC-SFC3.....	170
Figure A3.5–2	Arbre de décision pour le calcul de la superficie des forêts aménagées	174
Figure A3.5–3	Forêts aménagées et non aménagées au Canada	175
Figure A3.5–4	Arbre de décision pour différencier les émissions et les absorptions d'origine anthropique et naturelle	177
Figure A3.5–5	Trois taux d'échantillonnage sur des images satellites de cartes de conversion des forêts	182
Figure A3.5–6	Strates de conversion des forêts et secteurs d'échantillonnage en 2013–2018.....	182
Figure A3.5–7	Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts	184
Figure A3.5–8	Schéma simplifié du flux de carbone dans les Produits ligneux récoltés	188
Figure A3.5–9	Méthode d'établissement des coefficients de carbone en fonction de la superficie pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt donné.....	192
Figure A3.5–10	Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture pérenne (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction du modèle CENTURY pour un loam de Lethbridge.....	193

Figure A3.5–11	Fluctuations du COS dans le cadre de simulations avec remplacements par rapport à des simulations de la combinaison de cultures de base	195
Figure A3.5–12	Coefficients du carbone en fonction du temps	195
Figure A3.5–13	Rendements moyens des principales grandes cultures au Canada de 1970 à 2020	197
Figure A3.5–14	Représentation des procédures pour l'estimation de la fluctuation du carbone organique dans le sol en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de carbone par les résidus de cultures	199
Figure A3.5–15	Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres en fonction de la superficie et de l'apport de carbone pour estimer la fluctuation du carbone au Canada	201
Figure A3.5–16	Dynamique du COS après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernoziémiques bruns et brun foncé, simulée par le modèle CENTURY	209
Figure A3.5–17	Carbone organique du sol après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées, simulé selon le modèle CENTURY	211
Figure A3.5–18	Courbe logarithmique rajustée en fonction des coefficients nationaux d'émission des réservoirs.....	218
Figure A3.5–19	Grilles d'échantillonnage et points d'échantillonnage ponctuel superposés à des photos aériennes géoréférencées.....	221
Figure A3.5–20	Emplacement des événements de changement d'affectation des terres et de la prise d'échantillons de terrain de la biomasse aérienne dans le nord du Canada	224
Figure A3.6–1	Représentation des émissions attribuables à la décomposition de premier ordre associée à l'élimination ponctuelle de déchets dans un site d'enfouissement	226
Figure A3.6–2	Régions climatiques à long terme au Canada	234
Figure A3.6–3	Arbre décisionnel permettant de recueillir, d'estimer et de déclarer les émissions de GES produites par les installations d'incinération	242
Figure A3.6–4	Diagramme du flux de matières organiques dans les eaux usées.....	249
Figure A3.6–5	Population desservie par chaque type de technologie de traitement, par province et territoire.....	255
Figure A3.6–6	Comptabilisation des flux de boues, estimation du devenir des boues, par province et territoire.....	261
Figure A4–1	Schéma de circulation de l'énergie au Canada (BDEE)	270
Figure A4–2	Sources des données du BDEE sur les combustibles fossiles et l'énergie.....	270
Figure A6.5–1	Paramètres des matrices des perturbations pour la modélisation du carbone (exemples choisis)....	317

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

CATÉGORIES CLÉS

A1.1. Catégories clés – méthodologie	1
A1.2. Tableaux des catégories clés	7

A1.1. Catégories clés – méthodologie

La présente annexe décrit l'utilisation d'une analyse des catégories clés de niveau 1 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et des résultats aux fins du rapport d'inventaire du Canada. Les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre* (GIEC, 2006) recommandent d'identifier les catégories clés d'émissions et d'absorptions. Il s'agit d'aider les organismes chargés des inventaires à structurer leurs efforts par priorité afin d'améliorer les estimations globales. Une catégorie clé se définit comme suit : « catégorie prioritaire dans le système d'inventaire national, car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs d'un pays pour ce qui est du niveau absolu des émissions et des absorptions, de la tendance des émissions et des absorptions ou des incertitudes associées aux émissions et aux absorptions » (GIEC, 2006). Ce terme s'applique aux catégories de source et de puits.

Les bonnes pratiques exigent d'abord que l'on répartisse les inventaires en catégories permettant d'établir les sources clés et les puits, définis selon les lignes directrices suivantes :

- Les catégories du GIEC doivent être utilisées et les émissions doivent être exprimées en équivalent de dioxyde de carbone (CO₂) d'après chaque potentiel de réchauffement planétaire (PRP) standard.
- Une catégorie doit être indiquée pour chaque gaz émis ou éliminé, étant donné que les méthodes, les coefficients d'émission et les incertitudes connexes diffèrent pour chacun.
- Les catégories utilisant les mêmes facteurs d'émission basés sur des hypothèses communes doivent être regroupées avant l'analyse.

L'utilisation de l'approche quantitative de niveau 1 du GIEC permet de définir les catégories clés à partir de deux perspectives : leur contribution aux émissions totales et leur contribution aux tendances des émissions. L'évaluation du niveau vise à analyser la contribution de chaque catégorie d'émissions au total national (avec et sans l'Affectation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie, ou ATCATF). L'analyse des tendances utilise la contribution relative de chaque catégorie au total des émissions nationales, mais elle attribue un poids plus important aux catégories dont la tendance relative s'écarte de la tendance générale (avec et sans l'ATCATF). Dans cette analyse, les tendances sont calculées comme les variations absolues entre l'année de référence et les plus récentes années d'inventaire.

La contribution en pourcentage des catégories pour les niveaux et les tendances est calculée et les résultats obtenus sont placés par ordre descendant. Les experts calculent le total cumulatif au moyen des deux méthodes. Un seuil cumulatif de contribution de 95 %, pour les évaluations des niveaux et des tendances, est une approximation raisonnable de l'incertitude de 90 % pour la méthode de niveau 1 (GIEC, 2006). Ce seuil a ainsi été employé dans la présente analyse comme limite supérieure afin de déterminer les catégories clés. Par conséquent, une fois les contributions des sources et des puits triées dans l'ordre décroissant d'importance, les plus grandes, prises ensemble, contribuent à 95 % du total cumulatif et sont considérées comme des sources ou des puits importants, sur le plan quantitatif.

Évaluation du niveau de contribution

Le niveau de contribution de chacune des sources ou de chacun des puits est déterminé à l'aide de l'Équation A1-1, qui est conforme aux recommandations du GIEC (2006).

Équation A1-1 pour l'évaluation du niveau des catégories de sources et de puits

$$L_{x,t} = \frac{|E_{x,t}|}{\sum_y |E_{y,t}|}$$

$L_{x,t}$	=	évaluation du niveau de la source ou du puits x au cours de la dernière année d'inventaire (année t)
$ E_{x,t} $	=	valeur absolue de l'estimation des émissions ou des absorptions pour la catégorie de sources ou de puits x au cours de l'année t
$\sum_y E_{y,t} $	=	contribution totale, qui est la somme des valeurs absolues des émissions et des absorptions au cours de l'année t calculée au moyen du niveau d'agrégation choisi par le pays pour l'analyse des catégories clés; étant donné que les émissions et les absorptions sont entrées avec le signe « + », la contribution totale (ou le niveau total) peut être supérieure aux émissions totales d'un pays moins les absorptions

Évaluation de la tendance

La contribution de chacune des sources et de chacun des puits aux tendances est déterminée à l'aide de l'Équation A1-2 et l'Équation A1-3, conformément aux recommandations du GIEC (2006). Veuillez noter que l'Équation A1-3 s'applique seulement aux catégories de sources et de puits lorsque les émissions sont nulles pour l'année de référence.

Équation A1-2 pour l'évaluation de la tendance des catégories de sources et de puits

$$T_{x,t} = L_{x,0} \cdot \left| \left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{|E_{x,0}|} \right] - \left[\frac{(\sum_y E_{y,t} - \sum_y E_{y,0})}{|\sum_y E_{y,0}|} \right] \right|$$

$T_{x,t}$	=	évaluation de la tendance de la catégorie de source ou de puits x au cours de l'année t comparativement à l'année de référence (année 0)
$L_{x,0}$	=	évaluation du niveau de la catégorie de source ou de puits x au cours de l'année de référence 0 (obtenue au moyen de l'Équation A1-1)
$E_{x,t}$ et $E_{x,0}$	=	valeurs réelles des estimations des catégories de sources ou de puits x au cours des années t et 0, respectivement
$\sum_y E_{y,t}$ et $\sum_y E_{y,0}$	=	estimation de l'inventaire total pour les années t et 0, respectivement

Équation A1-3 pour l'évaluation de la tendance des catégories de sources et de puits en supposant que les émissions sont nulles pour l'année de référence

$$T_{x,t} = \left| \frac{E_{x,t}}{\sum_y |E_{y,0}|} \right|$$

$T_{x,t}$	=	évaluation de la tendance de la catégorie de sources ou de puits x au cours de l'année t comparativement à l'année de référence (année 0)
$E_{x,t}$	=	valeurs réelles des estimations des catégories de sources ou de puits x au cours de l'année t
$\sum_y E_{y,0} $	=	estimation de l'inventaire total pour l'année 0

La détermination des catégories clés vise surtout à établir les meilleures pratiques pour dresser l'inventaire des gaz à effet de serre. Il est crucial de bien regrouper les catégories, non seulement pour tenir compte des sources et des puits réels, mais aussi pour appliquer un processus d'estimation uniforme. Dans cette analyse, les secteurs et les grandes catégories, comme l'Utilisation de combustibles, les Émissions fugitives, les Procédés industriels et l'utilisation des produits (PIUP), l'Agriculture et les Déchets sont conformes au CUPR. Ainsi, bien que les catégories du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR) de la CCNUCC fournissent une base pour déterminer les sources et les puits, un regroupement des sources et des puits a été fait à des fins d'analyse des catégories clés. En général, l'agrégation de catégories se produit lorsque les estimations se fondent sur des bases communes en ce qui a trait aux coefficients d'émission et aux données sur les activités. Une liste exhaustive des regroupements de catégories ainsi que des explications sur le regroupement des catégories est présentée dans le Tableau A1-1.

Tableau A1-1 Agrégation des catégories du GIEC			
Tableau des sources	Catégories agrégées du GIEC	Catégories incluses dans la catégorie agrégée du GIEC	Justification de l'agrégation
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	Production de chaleur et d'électricité du secteur public Industries de raffinage du pétrole Fabrication de combustibles solides et Autres industries énergétiques	Tableau 4.1, volume 1 : Orientations générales et rapports des Lignes directrices 2006 du GIEC suggèrent une agrégation au niveau 1-A-1 pour une approche de niveau 1 (GIEC, 2006).
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industries manufacturières et Construction	Sidérurgie Métaux non ferreux Produits chimiques Pâtes et papiers, et Imprimerie Minéraux non-métalliques Autres PIUP – Production de dioxyde de titane	Tableau 4.1, volume 1 : Orientations générales et rapports des Lignes directrices 2006 du GIEC suggèrent une agrégation au niveau 1-A-2 pour une approche de niveau 1 (GIEC, 2006). Les installations de production de dioxyde de titane déclarent leurs intrants de procédé en tant qu'intrants énergétiques. Les émissions sont donc actuellement incluses dans les estimations du secteur de l'Énergie pour les Métaux non ferreux et les Produits chimiques. Des travaux sont en cours pour attribuer les émissions des intrants de procédé à la catégorie 2.B.6 du CRF.
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	Véhicules lourds à moteur diesel Véhicules lourds à essence Camions légers à moteur diesel Véhicules légers à moteur diesel Camions légers à essence Véhicules légers à essence Motos Véhicules au gaz naturel Véhicules au propane Bus urbains	Tableau 4.1, volume 1 : Orientations générales et rapports des Lignes directrices 2006 du GIEC suggèrent que le transport routier soit agrégé au niveau 1-A-3-b pour une approche de niveau 1 (GIEC, 2006).
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	Commercial et institutionnel Résidentiel Agriculture et foresterie, et Pêches	Tableau 4.1, volume 1 : Orientations générales et rapports des Lignes directrices 2006 du GIEC suggèrent une agrégation au niveau 1-A-4 pour une approche de niveau 1 (GIEC, 2006).
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	Pétrole Évacuation – Pétrole Torchage – Pétrole Évacuation – Combiné (partagé avec 1-B-2-(b+c)) Torchage – Combiné (partagé avec 1-B-2-(b+c))	Tableau 4.1, volume 1 : Orientations générales et rapports des Lignes directrices 2006 du GIEC suggèrent une agrégation au niveau 1-B-2 pour une approche de niveau 1 (GIEC, 2006).
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	Gaz naturel Évacuation – Gaz naturel Torchage – Gaz naturel Évacuation – Combiné (partagé avec 1-B-2-(a+c)) Torchage – Combiné (partagé avec 1-B-2-(a+c))	Tableau 4.1, volume 1 : Orientations générales et rapports des Lignes directrices 2006 du GIEC suggèrent une agrégation au niveau 1-B-2-b pour une approche de niveau 1 (GIEC, 2006).
2-B-8	Production pétrochimique et de noir de carbone	Production de carbure (rapporté en 2B5 dans le CRF, mais avec 2B8 aux fins de l'analyse des catégories clés) Production de méthanol Production d'éthylène Production de dichlorure d'éthylène Production de noir de carbone Production de styrène Production d'oxyde d'éthylène Autres (Autres utilisations de l'urée) (déclaré en 2B10 dans le CRF, mais avec 2B8 aux fins de l'analyse des catégories clés)	Pour des raisons de simplicité et de confidentialité des données, ces catégories sont incluses dans la «Production pétrochimique et de noir de carbone» aux fins de l'analyse des catégories clés. Des efforts seront faits pour désagréger ces catégories dans les inventaires futurs. Voir ci-dessous les commentaires relatifs aux émissions de CO ₂ de certaines catégories pétrochimiques.
2-C-1	Production sidérurgique	Production sidérurgique Production de fonte brute Industries métallurgiques – Production de ferroalliages	La désagrégation de la partie réductrice de la production d'acier (c'est-à-dire le coke métallurgique) n'est pas disponible et les émissions doivent donc être déclarées dans la catégorie 2.C.1.b Production de fonte brute. Les émissions de CO ₂ provenant de la production de ferro-alliages (catégorie 2.C.2 du CRF) sont incluses dans la catégorie 2.C.1.a de la production d'acier du CRF. La production de ferroalliages est une production directe d'aciers spéciaux à partir de minerai de fer par le procédé du four à arc électrique en utilisant des réducteurs.
2-D-3	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférencié)	Émissions de CO ₂ attribuables à la production de carbure, de noir de carbone, de styrène, et de dichlorure d'éthylène et de chlorure de vinyle monomère Sidérurgie – Production de matières frittées Sidérurgie – Production de granules Industries métallurgiques – Production de plomb Industries métallurgiques – Production de zinc Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Utilisation de solvant) Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Gaz naturel, combustibles solides et combustibles liquides (y compris l'utilisation de lubrifiants et de cires de paraffine)	La désagrégation des statistiques nationales en catégories plus larges n'est actuellement pas possible.

Tableau A1-1 Agrégation des catégories du GIEC (suite)			
Tableau des sources	Catégories agrégées du GIEC	Catégories incluses dans la catégorie agrégée du GIEC	Justification de l'agrégation
2-F	Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	Réfrigération et climatisation	Pour des raisons de simplicité, ces catégories sont incluses dans "Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone" aux fins d'analyse des catégories clés. Des efforts seront faits pour désagréger ces catégories dans les inventaires futurs.
		Agents d'expansion des mousses	
		Protection contre les incendies	
		Aérosols	
		Solvants	
3-A	Agriculture – Fermentation entérique	Autres applications	Pour des raisons de simplicité, les estimations ont été saisies par catégorie plutôt que par sous-catégorie. Des efforts seront faits pour désagréger ces catégories dans les inventaires futurs.
		Bovins	
		Moutons	
		Porcs	
		Autres animaux d'élevage	
3-B	Agriculture – Gestion des fumiers	Émissions de N ₂ O et de COVNM – Bovins	Pour des raisons de simplicité, les estimations ont été saisies par catégorie plutôt que par sous-catégorie. Des efforts seront faits pour désagréger ces catégories dans les inventaires futurs.
		Émissions de N ₂ O et de COVNM – Moutons	
		Émissions de N ₂ O et de COVNM – Porcs	
		Émissions de N ₂ O et de COVNM – Autres animaux d'élevage	
		Émissions de N ₂ O et de COVNM – Émissions indirectes de N ₂ O	
3-D-1	Agriculture – Émissions directes de N ₂ O dues aux sols gérés	Engrais azotés inorganiques	Pour des raisons de simplicité, les estimations ont été saisies par catégorie plutôt que par sous-catégorie. Des efforts seront faits pour désagréger ces catégories dans les inventaires futurs.
		Engrais azotés organiques	
		Urine et déjections provenant d'animaux au pâturage	
		Résidus de culture	
		Minéralisation et immobilisation associées aux pertes/ gains de sols organiques.	
		Travail des sols organiques	
3-D-2	Agriculture – Émissions indirectes de N ₂ O dues aux sols gérés	Retombées atmosphériques	Pour des raisons de simplicité, les estimations ont été saisies par catégorie plutôt que par sous-catégorie. Des efforts seront faits pour désagréger ces catégories dans les inventaires futurs.
		Lessivage et ruissellement de l'azote (N)	
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	Pour être cohérent avec le niveau des catégories de terres auquel les facteurs d'émission, les paramètres et les modèles d'estimation sont appliqués.
		Combustion de biomasse, Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	Pour faciliter l'identification, la planification et la priorisation des efforts nécessaires à l'amélioration des estimations par catégories de terres.
		Émissions et absorptions imputables au drainage, au remouillage, et autres mesures de gestion des sols organiques et minéraux, Terres forestières	
4-B-2	ATCATF – Terres converties en terres cultivées	Terres converties en terres cultivées	Pour être cohérent avec le niveau des catégories de terres auquel les facteurs d'émission, les paramètres et les modèles d'estimation sont appliqués.
		Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation/ immobilisation de N résultant d'un changement d'utilisation des sols ou de la gestion des sols minéraux	
		Combustion de biomasse, Terres converties en terres cultivées	
4-C-1	ATCATF – Prairies dont la vocation n'a pas changé	Prairies dont la vocation n'a pas changé	Pour être cohérent avec le niveau des catégories de terres auquel les facteurs d'émission, les paramètres et les modèles d'estimation sont appliqués.
		Combustion de biomasse, Prairies dont la vocation n'a pas changé	
4-D-1	ATCATF – Terres humides dont la vocation n'a pas changé	Émissions et absorptions imputables au drainage, au remouillage, et autres mesures de gestion des sols organiques et minéraux pour l'extraction de tourbe (*seulement les émissions associées à l'extraction de tourbe dont la vocation n'a pas changé)	Pour être cohérent avec le niveau des catégories de terres auquel les facteurs d'émission, les paramètres et les modèles d'estimation sont appliqués.
		Terres inondées dont la vocation n'a pas changé	Pour faciliter l'identification, la planification et la priorisation des efforts nécessaires à l'amélioration des estimations par catégories de terres.
4-D-2	ATCATF – Terres converties en terres humides	Terres converties en terres inondées	Pour être cohérent avec le niveau des catégories de terres auquel les facteurs d'émission, les paramètres et les modèles d'estimation sont appliqués.
		Émissions et absorptions imputables au drainage, au remouillage, et autres mesures de gestion des sols organiques et minéraux, Terres utilisées pour l'extraction de tourbe (*seulement les émissions associées aux terres converties pour l'extraction de tourbe)	
		Combustion de biomasse, Terres converties en terres humides	
4-E-2	ATCATF – Terres converties en établissements	Terres converties en établissements	Pour être cohérent avec le niveau des catégories de terres auquel les facteurs d'émission, les paramètres et les modèles d'estimation sont appliqués.
		Combustion de biomasse, Établissements	

A1.1.1. Évaluation sommaire

Les catégories clés ont été évaluées, pour l'année d'inventaire 2021, en fonction de deux critères : le niveau et la tendance. Pour l'année de référence, elles ont été évaluées en utilisant le niveau seulement. Il y avait 35 catégories clés selon le niveau en 1990, alors qu'il y en a 52 en 2021 pour tous les critères combinés. Les résultats combinés des analyses sont présentés dans le Tableau A1-2.

Tableau A1-2 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2021**

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Catégories clés (1990 / 2021)			Critères 1990 / 2021 N: Niveau, T: Tendance		
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CH ₄	Non	/	Oui			T
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CH ₄	Non	/	Oui			T
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-2-g	Utilisation de combustibles – Industrie manufacturière et construction/Autre/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-2-g	Utilisation de combustibles – Industrie manufacturière et construction/Autre/Véhicules hors-route et autre machinerie	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-2-g	Utilisation de combustibles – Industrie manufacturière et construction/Autre/Véhicules hors-route et autre machinerie	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-3-a	Utilisation de combustibles – Transport aérien intérieur	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-3-a	Utilisation de combustibles – Transport aérien intérieur	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-3-a	Utilisation de combustibles – Transport aérien intérieur	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	N ₂ O	Oui	/	Oui	N	/	T
1-A-3-c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-3-c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-3-c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-3-d	Utilisation de combustibles – Transport maritime intérieur	CO ₂	Non	/	Oui			N, T
1-A-3-d	Utilisation de combustibles – Transport maritime intérieur	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-3-d	Utilisation de combustibles – Transport maritime intérieur	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-3-e-ii	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transports (véhicules hors route)	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-3-e-ii	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transports (véhicules hors route)	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-3-e-ii	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transports (véhicules hors route)	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-3-e-i	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-3-e-i	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-3-e-i	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-4-a	Utilisation de combustibles – Commercial institutionnel/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-4-a	Utilisation de combustibles – Commercial institutionnel/Véhicules hors-route et autre machinerie	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-4-a	Utilisation de combustibles – Commercial institutionnel/Véhicules hors-route et autre machinerie	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-4-b	Utilisation de combustibles – Résidentiel/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	Non	/	Oui			T
1-A-4-b	Utilisation de combustibles – Résidentiel/Véhicules hors-route et autre machinerie	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-4-b	Utilisation de combustibles – Résidentiel/Véhicules hors-route et autre machinerie	N ₂ O	Non	/	Non			
1-A-4-c	Utilisation de combustibles – Agriculture foresterie pêche/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-A-4-c	Utilisation de combustibles – Agriculture foresterie pêche/Véhicules hors-route et autre machinerie	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-4-c	Utilisation de combustibles – Agriculture foresterie pêche/Véhicules hors-route et autre machinerie	N ₂ O	Non	/	Non			
1-B-1-a	Émissions fugitives – Extraction et manutention du charbon	CH ₄	Oui	/	Oui	N	/	T
1-A-5-b	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (aviation et navigation militaires)	CO ₂	Non	/	Non			
1-A-5-b	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (aviation et navigation militaires)	CH ₄	Non	/	Non			
1-A-5-b	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (aviation et navigation militaires)	N ₂ O	Non	/	Non			
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CH ₄	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	N ₂ O	Non	/	Non			
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CH ₄	Oui	/	Oui	N	/	N
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	N ₂ O	Non	/	Non			
1-C-1	Transport et stockage du CO ₂ – Pipelines	CO ₂	Non	/	Non			
2-A-1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
2-A-2	PIUP – Production de chaux	CO ₂	Non	/	Oui			T
2-A-3	PIUP – Production du verre	CO ₂	Non	/	Non			
2-A-4-b	PIUP – Autres utilisations de carbonate de sodium	CO ₂	Non	/	Non			
2-A-4-c	PIUP – Autres (Utilisation de magnésite)	CO ₂	Non	/	Non			

Tableau A1-2 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2021** (suite)

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Catégories clés (1990 / 2021)			Critères 1990 / 2021 N: Niveau, T: Tendance		
2-A-4-d	PIUP – Autres (Utilisation de calcaire et de dolomite)	CO ₂	Non	/	Oui			T
2-B-1	PIUP – Production d'ammoniac	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	T
2-B-2	PIUP – Production d'acide nitrique	N ₂ O	Non	/	Oui			T
2-B-3	PIUP – Production d'acide adipique	N ₂ O	Oui	/	Oui	N	/	T
2-B-7	PIUP – Production de soude	CO ₂	Non	/	Non			
2-B-8	PIUP – Production pétrochimique et de Noir de carbone	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	T
2-B-8	PIUP – Production pétrochimique et de Noir de carbone (y compris la production de carbure)	CH ₄	Non	/	Non			
2-B-8	PIUP – Production pétrochimique et de Noir de carbone	N ₂ O	Non	/	Non			
2-B-9-a	PIUP – Production de composés fluorés	HFCs	Non	/	Oui			T
2-C-1	PIUP – Sidérurgie	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
2-C-1	PIUP – Sidérurgie	CH ₄	Non	/	Non			
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	CO ₂	Non	/	Oui			N, T
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	PFCs	Oui	/	Oui	N	/	T
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	SF ₆	Non	/	Non			
2-C-4	PIUP – Production de magnésium	SF ₆	Non	/	Oui			T
2-C-7	PIUP – Autres (moulage de magnésium)	SF ₆	Non	/	Non			
2-D-3-a	PIUP – Produits Nonn énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférencié)	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
2-D-3-b	PIUP – Produits Nonn énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Utilisation d'urée dans les véhicules avec système de réduction sélective catalytique) SCR	CO ₂	Non	/	Non			
2-E-1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	PFCs	Non	/	Non			
2-E-1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	SF ₆	Non	/	Non			
2-E-1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	NF ₃	Non	/	Non			
2-E-5	PIUP – Autres applications émettrices	PFCs	Non	/	Non			
2-F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	HFCs	Non	/	Oui			N, T
2-F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	PFCs	Non	/	Non			
2-G-1	PIUP – Équipement électrique	SF ₆	Non	/	Non			
2-G-3-a	PIUP – Autres (Applications médicales du N ₂ O)	N ₂ O	Non	/	Non			
2-G-3-b	PIUP – Autres (Utilisation de N ₂ O comme agent propulseur)	N ₂ O	Non	/	Non			
2-G-4	PIUP – Autres utilisations de produits confinés	PFCs	Non	/	Non			
3-A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	Oui	/	Oui	N	/	N, T
3-B	Agriculture – Gestion des fumiers	CH ₄	Non	/	Oui			T
3-B	Agriculture – Gestion des fumiers	N ₂ O	Oui	/	Non	N		
3-B-5	Agriculture – Émissions indirectes de N ₂ O	N ₂ O	Non	/	Non			
3-D-1	Agriculture – Émissions directes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	Oui	/	Oui	N	/	N, T
3-D-2	Agriculture – Émissions indirectes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	Non	/	Oui			N, T
3-F	Agriculture – Incinération des résidus agricoles dans les champs	CH ₄	Non	/	Non			
3-F	Agriculture – Incinération des résidus agricoles dans les champs	N ₂ O	Non	/	Non			
3-G-1	Agriculture – Calcaire CaCO ₃	CO ₂	Non	/	Non			
3-H	Agriculture – Application d'urée	CO ₂	Non	/	Oui			T
3-I	Agriculture – Autres engrais contenant du carbone	CO ₂	Non	/	Non			
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH ₄	Non	/	Non			
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	N ₂ O	Non	/	Non			
4-A-2	ATCATF – Terres converties en terres forestières	CO ₂	Non	/	Oui			T
4-B-1	ATCATF – Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
4-B-2	ATCATF – Terres converties en terres cultivées	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	T
4-B-2	ATCATF – Terres converties en terres cultivées	CH ₄	Non	/	Non			
4-B-2	ATCATF – Terres converties en terres cultivées	N ₂ O	Non	/	Non			
4-D-1	ATCATF – Terres humides dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Non	/	Oui			T
4-D-1	ATCATF – Terres humides dont la vocation n'a pas changé	CH ₄	Non	/	Non			
4-D-1	ATCATF – Terres humides dont la vocation n'a pas changé	N ₂ O	Non	/	Non			
4-D-2	ATCATF – Terres converties en terres humides	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	T
4-D-2	ATCATF – Terres converties en terres humides	CH ₄	Non	/	Non			
4-D-2	ATCATF – Terres converties en terres humides	N ₂ O	Non	/	Non			
4-E-2	ATCATF – Établissements dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
4-E-2	ATCATF – Terres converties en établissements	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
4-E-2	ATCATF – Terres converties en établissements	CH ₄	Non	/	Non			
4-E-2	ATCATF – Terres converties en établissements	N ₂ O	Non	/	Non			
4-C	ATCATF – Prairies	CH ₄	Non	/	Non			
4-C	ATCATF – Prairies	N ₂ O	Non	/	Non			
4-G	ATCATF – Produits ligneux récoltés	CO ₂	Oui	/	Oui	N	/	N, T
5-A-1	Déchets – Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement gérés	CH ₄	Oui	/	Oui	N	/	N, T
5-A-2	Déchets – Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement non gérés	CH ₄	Non	/	Oui			T

Tableau A1-2 **Sommaire de l'analyse des catégories clés, année d'inventaire 2021 (suite)**

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Catégories clés (1990 / 2021)			Critères 1990 / 2021		
						N: Niveau,	T: Tendence	
5-B	Déchets – Traitement biologique des déchets solides	CH ₄	Non	/	Non			
5-B	Déchets – Traitement biologique des déchets solides	N ₂ O	Non	/	Non			
5-C-1	Déchets – Incinération et combustion à l'air libre	CO ₂	Non	/	Non			
5-C-1	Déchets – Incinération et combustion à l'air libre	N ₂ O	Non	/	Non			
5-C-1	Déchets – Incinération et combustion à l'air libre	CH ₄	Non	/	Non			
5-D-1	Déchets – Traitement et rejet des eaux usées	CH ₄	Non	/	Non			
5-D-1	Déchets – Traitement et rejet des eaux usées	N ₂ O	Non	/	Oui			T
5-D-1	Déchets – Traitement et rejet des eaux usées	CO ₂	Non	/	Non			

Notes : N = catégorie clé selon le niveau (pour une année), T = catégorie clé selon la tendance (entre l'année de base et l'année courante)

A1.2. Tableaux des catégories clés

A1.2.1. Évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF

Le Tableau A1-3 comprend les catégories clés de 1990 identifiées lors de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF. Le Tableau A1-4 comprend les catégories clés de 2021 identifiées lors de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF.

Tableau A1-3 **Catégories clés de 1990 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF**

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Estimation des émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)		Évaluation du niveau		Total cumulatif	
			Année de référence 1990	Année courante 2021	Sans l'ATCATF	Avec l'ATCATF	Sans l'ATCATF	Avec l'ATCATF
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-202 886	-132 816	S.O.	0,212	S.O.	0,212
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CO ₂	140 866	173 856	0,239	0,147	0,239	0,359
4-G	ATCATF – Produits ligneux récoltés	CO ₂	130 693	127 515	S.O.	0,136	S.O.	0,496
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CO ₂	87 456	114 740	0,149	0,091	0,388	0,587
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CO ₂	69 527	73 138	0,118	0,073	0,506	0,659
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	CO ₂	61 898	47 476	0,105	0,065	0,611	0,724
3-A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	22 347	24 449	0,038	0,023	0,649	0,747
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CH ₄	16 765	18 718	0,028	0,018	0,678	0,765
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CH ₄	16 550	17 993	0,028	0,017	0,706	0,782
5-A-1	Déchets – Décharge de déchets solides	CH ₄	16 135	17 238	0,027	0,017	0,733	0,799
1-A-2-g	Utilisation de combustibles – Industrie manufacturière et construction/Autre/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	12 120	17 750	0,021	0,013	0,754	0,812
2-C-1	PIUP – Sidérurgie	CO ₂	10 478	7 960	0,018	0,011	0,772	0,823
2-B-3	PIUP – Production d'acide adipique	N ₂ O	10 303	0	0,018	0,011	0,789	0,833
1-A-4-c	Utilisation de combustibles – Agriculture foresterie pêche/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	9 513	13 346	0,016	0,010	0,805	0,843
4-B-2	ATCATF – Terres converties en terres cultivées	CO ₂	9 002	3 234	S.O.	0,009	S.O.	0,853
3-D-1	Agriculture – Émissions directes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	8 730	14 845	0,015	0,009	0,820	0,862
4-B-1	ATCATF – Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-8 526	-21 078	S.O.	0,009	S.O.	0,871
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	PFCs	7 558	714	0,013	0,008	0,833	0,879
1-A-3-a	Utilisation de combustibles – Transport aérien intérieur	CO ₂	7 203	5 340	0,012	0,008	0,845	0,886
1-A-3-e-i	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	6 685	8 457	0,011	0,007	0,856	0,893
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CO ₂	6 203	6 530	0,011	0,006	0,867	0,900
1-A-3-c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	6 200	6 111	0,011	0,006	0,878	0,906
4-E-2	ATCATF – Terres converties en Établissements	CO ₂	5 957	6 288	S.O.	0,006	S.O.	0,912
2-D-3-a	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférencié)	CO ₂	5 830	11 005	0,010	0,006	0,887	0,918
2-A-1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	5 823	7 380	0,010	0,006	0,897	0,925
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CO ₂	5 757	10 633	0,010	0,006	0,907	0,931
4-E-2	ATCATF – Établissements dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-4 223	-4 422	S.O.	0,004	S.O.	0,935
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	N ₂ O	4 194	1 242	0,007	0,004	0,914	0,939

Tableau A1-3 **Catégories clés de 1990 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF (suite)**

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Estimation des émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)		Évaluation du niveau		Total cumulatif	
			Année de référence 1990	Année courante 2021	Sans l'ATCATF	Avec l'ATCATF	Sans l'ATCATF	Avec l'ATCATF
1-A-4-a	Utilisation de combustibles – Commercial institutionnel/ Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	4 036	5 553	0,007	0,004	0,921	0,944
4-D-2	ATCATF – Terres converties en terres humides	CO ₂	3 926	421	S.O.	0,004	S.O.	0,948
1-A-3-e-ii	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transports (véhicules hors route)	CO ₂	3 262	7 248	0,006	0,003	0,932	S.O.
1-B-1-a	Émissions fugitives – Extraction et manutention du charbon	CH ₄	2 824	1 176	0,005	0,003	0,942	S.O.
2-B-1	PIUP – Production d'ammoniac	CO ₂	2 739	2 538	0,005	0,003	0,947	S.O.
2-B-8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	CO ₂	3 362	2 854	0,006	0,004	0,927	S.O.
3-B	Agriculture – Gestion des fumiers	N ₂ O	3 042	3 336	0,005	0,003	0,938	S.O.

Note : S.O. = Sans objet

Tableau A1-4 **Catégories clés de 2021 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF**

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Estimation des émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)		Évaluation du niveau		Total cumulatif	
			Année de référence 1990	Année courante 2021	Sans l'ATCATF	Avec l'ATCATF	Sans l'ATCATF	Avec l'ATCATF
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CO ₂	140 866	173 856	0,259	0,179	0,26	0,18
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-202 886	-132 816	S.O.	0,137	S.O.	0,32
4-G	ATCATF – Produits ligneux récoltés	CO ₂	130 693	127 515	S.O.	0,131	S.O.	0,45
1-A-3-b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CO ₂	87 456	114 740	0,171	0,118	0,43	0,57
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CO ₂	69 527	73 138	0,109	0,075	0,54	0,64
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	CO ₂	61 898	47 476	0,071	0,049	0,61	0,69
3-A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	22 347	24 449	0,036	0,025	0,65	0,72
4-B-1	ATCATF – Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-8 526	-21 078	S.O.	0,022	S.O.	0,74
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CH ₄	16 765	18 718	0,028	0,019	0,67	0,76
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CH ₄	16 550	17 993	0,027	0,019	0,70	0,77
1-A-2-g	Combustion de combustibles – Industrie manufacturière et construction/ Autre/ Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	12 120	17 750	0,026	0,018	0,73	0,79
5-A-1	Déchets – Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement gérés	CH ₄	16 135	17 238	0,026	0,018	0,75	0,81
3-D-1	Agriculture – Émissions directes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	8 730	14 845	0,022	0,015	0,78	0,83
1-A-4-c	Combustion de combustibles – Agriculture foresterie pêche/ Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	9 513	13 346	0,020	0,014	0,80	0,84
2-F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	HFCs	0	11 433	0,017	0,012	0,81	0,85
2-D-3-a	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférencié)	CO ₂	5 830	11 005	0,016	0,011	0,83	0,86
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CO ₂	5 757	10 633	0,016	0,011	0,85	0,87
1-A-3-e-i	Combustion de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	6 685	8 457	0,013	0,009	0,86	0,88
2-C-1	PIUP – Sidérurgie	CO ₂	10 478	7 960	0,012	0,008	0,87	0,89
2-A-1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	5 823	7 380	0,011	0,008	0,88	0,90
1-A-3-e-ii	Combustion de combustibles – Autres modes de transports (véhicules hors route)	CO ₂	3 262	7 248	0,011	0,007	0,89	0,91
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CO ₂	6 203	6 530	0,010	0,007	0,90	0,91
4-E-2	ATCATF – Terres converties en Établissements	CO ₂	5 957	6 288	S.O.	0,006	S.O.	0,92
1-A-3-c	Combustion de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	6 200	6 111	0,009	0,006	0,91	0,93
1-A-4-a	Combustion de combustibles – Commercial institutionnel/ Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	4 036	5 553	0,008	0,006	0,92	0,93
1-A-3-a	Combustion de combustibles – Transport aérien intérieur	CO ₂	7 203	5 340	0,008	0,006	0,93	0,94
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 132	0,008	0,005	0,93	0,94
4-E-2	ATCATF – Établissements dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-4 223	-4 422	S.O.	0,005	S.O.	0,95
1-A-3-d	Combustion de combustibles – Transport maritime intérieur	CO ₂	2 176	4 098	0,006	0,004	0,94	S.O.
3-D-2	Agriculture – Émissions indirectes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	2 560	3 953	0,006	0,004	0,95	S.O.

Note : S.O. = Sans objet

A1.2.2. Évaluation de la tendance avec et sans l'ATCATF

Le Tableau A1–5 et le Tableau A1–6 montrent les catégories clés issues de l'évaluation de la tendance sans et avec l'ATCATF, respectivement. Ils montrent aussi leur contribution à l'évaluation de la tendance.

L'intégration du secteur de l'ATCATF ajoute de nouvelles catégories clés et modifie les contributions relatives et les tendances générales des catégories, ce qui entraîne une redistribution de leur classement. Par exemple, la catégorie Terres forestières dont la vocation n'a pas changé (CO₂) de l'ATCATF est classée comme la plus grande contributrice dans l'évaluation de la tendance.

L'évaluation de la tendance sans l'ATCATF définit 35 catégories clés, alors que la même analyse avec l'ATCATF en génère 50, dont neuf catégories du secteur de l'ATCATF.

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Estimation des émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)		Évaluation de la tendance	Contribution à la tendance	Total cumulatif
			Année de référence 1990	Année courante 2021			
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	CO ₂	61 898	47 476	0,039	0,149	0,15
1-A-3-b	Combustion de combustibles – Transport routier	CO ₂	87 456	114 740	0,026	0,098	0,25
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CO ₂	140 866	173 856	0,023	0,087	0,33
2-B-3	PIUP – Production d'acide adipique	N ₂ O	10 303	0	0,020	0,076	0,41
2-F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	HFCs	0	11 433	0,019	0,074	0,48
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	PFCs	7 558	714	0,013	0,051	0,53
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CO ₂	69 527	73 138	0,010	0,039	0,57
3-D-1	Agriculture – Émissions directes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	8 730	14 845	0,008	0,032	0,60
2-D-3-a	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférencié)	CO ₂	5 830	11 005	0,007	0,028	0,63
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CO ₂	5 757	10 633	0,007	0,026	0,66
2-C-1	PIUP – Sidérurgie	CO ₂	10 478	7 960	0,007	0,026	0,69
1-A-2-g	Combustion de combustibles – Industrie manufacturière et construction/Autre/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	12 120	17 750	0,007	0,026	0,71
1-A-3-b	Combustion de combustibles – Transport routier	N ₂ O	4 194	1 242	0,006	0,023	0,73
1-A-3-e-ii	Combustion de combustibles – Autres modes de transports (véhicules hors route)	CO ₂	3 262	7 248	0,006	0,023	0,76
2-C-4	PIUP – Production de magnésium	SF ₆	2 738	0	0,005	0,020	0,78
1-A-3-a	Combustion de combustibles – Transport aérien intérieur	CO ₂	7 203	5 340	0,005	0,019	0,79
1-A-4-c	Combustion de combustibles – Agriculture foresterie pêche/ Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	9 513	13 346	0,004	0,016	0,81
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 132	0,003	0,013	0,82
1-B-1-a	Émissions fugitives – Extraction et manutention du charbon	CH ₄	2 824	1 176	0,003	0,013	0,84
3-H	Agriculture – Application d'urée	CO ₂	754	2 632	0,003	0,011	0,85
1-A-3-d	Combustion de combustibles – Transport maritime intérieur	CO ₂	2 176	4 098	0,003	0,010	0,86
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CH ₄	2 206	1 278	0,002	0,008	0,87
5-A-1	Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement gérés	CH ₄	16 135	17 238	0,002	0,007	0,87
3-B	Agriculture – Gestion des fumiers	CH ₄	2 461	3 911	0,002	0,007	0,88
2-B-9-a	PIUP – Production de composés fluorés	HFCs	971	0	0,002	0,007	0,89
3-D-2	Agriculture – Émissions indirectes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	2 560	3 953	0,002	0,007	0,90
3-A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	22 347	24 449	0,002	0,006	0,90
2-B-8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	CO ₂	3 362	2 854	0,002	0,006	0,91
1-A-4-a	Combustion de combustibles – Commercial institutionnel/ Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	4 036	5 553	0,002	0,006	0,91
1-A-3-c	Combustion de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	6 200	6 111	0,002	0,006	0,92
2-B-2	PIUP – Production d'acide nitrique	N ₂ O	973	216	0,002	0,006	0,93
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CH ₄	16 550	17 993	0,001	0,006	0,93
1-A-3-e-i	Combustion de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	6 685	8 457	0,001	0,005	0,94
2-A-1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	5 823	7 380	0,001	0,005	0,94
2-A-2	PIUP – Production de chaux	CO ₂	1 804	1 312	0,001	0,005	0,95

Tableau A1-6 Catégories clés selon l'évaluation de la tendance avec l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	Estimation des émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)		Évaluation de la tendance	Contribution à la tendance	Total cumulatif
			Année de référence 1990	Année courante 2021			
4-A-1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-202 886	-132 816	0,045	0,167	0,17
1-A-2	Combustion de sources fixes – Industrie manufacturière et construction	CO ₂	61 898	47 476	0,024	0,089	0,26
4-G	ATCATF – Produits ligneux récoltés	CO ₂	130 693	127 515	0,022	0,081	0,34
1-A-3-b	Combustion de combustibles – Transport routier	CO ₂	87 456	114 740	0,016	0,061	0,40
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CO ₂	140 866	173 856	0,015	0,055	0,45
4-B-1	ATCATF – Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-8 526	-21 078	0,014	0,054	0,51
2-B-3	PIUP – Production d'acide adipique	N ₂ O	10 303	0	0,012	0,046	0,55
2-F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	HFCs	0	11 433	0,012	0,045	0,60
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	PFCs	7 558	714	0,008	0,031	0,63
4-B-2	ATCATF – Terres converties en terres cultivées	CO ₂	9 002	3 234	0,007	0,027	0,66
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CO ₂	69 527	73 138	0,006	0,023	0,68
3-D-1	Agriculture – Émissions directes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	8 730	14 845	0,005	0,019	0,70
2-D-3-a	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférencié)	CO ₂	5 830	11 005	0,005	0,017	0,71
1-B-2(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CO ₂	5 757	10 633	0,004	0,016	0,73
4-D-2	ATCATF – Terres converties en terres humides	CO ₂	3 926	421	0,004	0,016	0,75
1-A-2-g	Combustion de combustibles – Industrie manufacturière et construction/Autre/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	12 120	17 750	0,004	0,016	0,76
2-C-1	PIUP – Sidérurgie	CO ₂	10 478	7 960	0,004	0,015	0,78
1-A-4-b	Combustion de combustibles – Résidentiel/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	9 513	13 346	0,004	0,015	0,79
1-A-3-e-ii	Combustion de combustibles – Autres modes de transports (véhicules hors route)	CO ₂	3 262	7 248	0,004	0,014	0,81
1-A-3-b	Combustion de combustibles – Transport routier	N ₂ O	4 194	1 242	0,004	0,014	0,82
2-C-4	PIUP – Production de magnésium	SF ₆	2 738	0	0,003	0,012	0,83
1-A-3-a	Combustion de combustibles – Transport aérien intérieur	CO ₂	7 203	5 340	0,003	0,011	0,84
2-C-3	PIUP – Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 132	0,002	0,008	0,85
1-B-1-a	Émissions fugitives – Extraction et manutention du charbon	CH ₄	2 824	1 176	0,002	0,008	0,86
3-H	Agriculture – Application d'urée	CO ₂	754	2 632	0,002	0,007	0,87
1-A-3-d	Combustion de combustibles – Transport maritime intérieur	CO ₂	2 176	4 098	0,002	0,006	0,87
1-A-4-c	Combustion de combustibles – Agriculture foresterie pêche/pêche/pêche/Véhicules hors-route et autre machinerie	CO ₂	2 824	1 176	0,001	0,005	0,88
1-A-4	Combustion de sources fixes – Autres secteurs	CH ₄	2 206	1 278	0,001	0,005	0,88
4-D-1	ATCATF – Terres humides dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	1 456	2 860	0,001	0,005	0,89
3-B	Agriculture – Gestion des fumiers	CH ₄	2 461	3 911	0,001	0,004	0,89
2-B-9-a	PIUP – Production de composés fluorés	HFCs	971	0	0,001	0,004	0,90
5-A-1	Déchets – Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement gérés	CH ₄	16 135	17 238	0,001	0,004	0,90
3-D-2	Agriculture – Émissions indirectes de N ₂ O dues aux sols gérés	N ₂ O	2 560	3 953	0,001	0,004	0,90
2-B-8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	CO ₂	3 362	2 854	0,001	0,004	0,91
1-A-3-c	Combustion de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	6 200	6 111	0,001	0,004	0,91
3-A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	22 347	24 449	0,001	0,004	0,91
2-B-2	PIUP – Production d'acide nitrique	N ₂ O	973	216	0,001	0,003	0,92
1-B-2(a+c)	Émissions fugitives – Pétrole	CH ₄	16 550	17 993	0,001	0,003	0,92
2-A-1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	5 823	7 380	0,001	0,003	0,92
4-E-2	ATCATF – Établissements dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-4 223	-4 422	0,001	0,003	0,93
4-A-2	ATCATF – Terres converties en terres forestières	CO ₂	-1 069	-174	0,001	0,003	0,93
2-A-2	PIUP – Production de chaux	CO ₂	1 804	1 312	0,001	0,003	0,93
1-A-1	Combustion de sources fixes – Industries énergétiques	CH ₄	1 520	2 376	0,001	0,003	0,94
1-A-3-e-i	Combustion de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	4 036	5 553	0,001	0,002	0,94
5-D-1	Déchets – Traitement et rejet des eaux usées	N ₂ O	791	1 496	0,001	0,002	0,94
2-B-1	PIUP – Production d'ammoniac	CO ₂	2 739	2 538	0,001	0,002	0,94
1-B-2(b+c)	Émissions fugitives – Gaz naturel	CO ₂	6 203	6 530	0,001	0,002	0,94
4-E-2	ATCATF – Terres converties en établissements	CO ₂	5 957	6 288	0,000	0,002	0,95
2-A-4-d	PIUP – Autres (utilisation de calcaire et de dolomite)	CO ₂	449	101	0,000	0,002	0,95
5-A-2	Déchets – Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement non gérés	CH ₄	892	696	0,000	0,001	0,95

INCERTITUDE

Tableau A2-1	Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, sans le secteur d'Affectation des terres et foresterie	13
Tableau A2-2	Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, avec le secteur d'Affectation des terres et foresterie	17

A2.1. Introduction

Toutes les Parties visées à l'Annexe 1 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques doivent indiquer le degré d'incertitude estimé associé aux estimations annuelles des émissions et aux tendances des émissions au fil du temps, dans leur rapport d'inventaire national respectif. L'analyse du degré d'incertitude aide à prioriser les améliorations à apporter aux prochains inventaires et à orienter les choix méthodologiques (GIEC, 2006).

Dans le présent rapport, le Canada a utilisé la méthode de propagation d'erreur (la méthode 1) pour combiner les degrés d'incertitude, de la façon décrite dans le volume 1 (Chapitre 3) des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), afin d'évaluer le degré d'incertitude des estimations des émissions pour l'année de référence et l'année la plus récente. Les estimations de l'incertitude ont été combinées en remplissant le tableau 3.3, selon les catégories de sources. Les estimations de l'incertitude se rattachant à chaque catégorie de sources ou de puits proviennent soit d'études antérieures (p. ex. une analyse de Monte-Carlo exhaustive (la méthode 2) réalisée en 2003–2004), soit elles ont été améliorées d'après les résultats de ces études, ou encore sont calculées indépendamment, comme c'est le cas des estimations pour les secteurs de l'Agriculture (émissions de méthane [CH₄] et d'oxyde nitreux [N₂O]), de l'Énergie (certaines catégories de l'utilisation de combustibles et les émissions fugitives), des Procédés industriels et utilisation des produits (PIUP), et de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF). Pour en savoir plus sur les degrés d'incertitude propres à chaque secteur, se reporter aux sections sur le degré d'incertitude des chapitres 3 à 7.

A2.2. Interprétation de l'incertitude sur les estimations de l'inventaire

Bien souvent, l'incertitude au sujet des estimations des GES est interprétée de façon erronée comme une mesure de l'exactitude ou de la fiabilité des estimations. En fait, l'exactitude (ou son contraire, le biais) ne peut être quantifiée qu'en mesurant combien elle s'éloigne de la valeur réelle. L'estimation de l'incertitude pour les inventaires n'est pas conçue en tant que mesure de l'exactitude, mais, dans le contexte des inventaires nationaux, le processus visant à estimer l'incertitude vise en fait plutôt à quantifier la précision. Une incertitude élevée à propos de l'estimation d'une catégorie suggère que des mesures répétées pourraient difficilement concorder. De nombreux facteurs peuvent en être la cause, y compris une complète hétérogénéité temporelle et spatiale : la variabilité est une propriété inhérente à de nombreux systèmes, y compris la nature.

Selon les orientations générales du GIEC sur les pratiques exemplaires, l'information sur l'incertitude est avant toute chose « un moyen permettant d'établir des priorités dans les efforts nationaux visant à réduire les incertitudes dans les inventaires à l'avenir, et de guider les décisions portant sur les choix méthodologiques. » (GIEC, 2006, vol 1, chapitre 3). La mise en œuvre de bonnes pratiques de calcul des estimations permet de minimiser les biais et d'obtenir des estimations fiables de la meilleure manière possible.

A2.3. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2021

Des analyses distinctes ont été réalisées pour l'ensemble de l'inventaire avec et sans le secteur ATCATF. Les estimations des émissions nationales de 2021 excluant le secteur ATCATF, qui s'élèvent à 670 Mt d'éq. CO₂, se situent dans une plage d'incertitude de 653 à 688 Mt d'éq. CO₂ ($\pm 2,6$ %) (Tableau A2-1). Voici les cinq catégories de sources d'émissions qui ont le plus contribué à l'incertitude à l'échelle nationale, pour 2021, lorsque le secteur ATCATF n'était pas inclus :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – SEDS classés, CH₄
2. Agriculture – Fermentation entérique, CH₄
3. Agriculture – Sols agricoles directs, N₂O
4. Agriculture – Sols agricoles indirects, N₂O
5. Sources fugitives – Évacuation, CO₂

Les estimations de 2021 des émissions à l'échelle nationale tenant compte des émissions et des absorptions du secteur ATCATF, qui s'élèvent à 653 Mt d'éq. CO₂, se situent dans une plage d'incertitude variant de 601 à 705 Mt d'éq. CO₂ ($\pm 7,9$ %) (Tableau A2-2). Les cinq catégories qui ont la plus grande incidence sur le degré d'incertitude à l'échelle nationale sont les suivantes :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – SEDS classés, CH₄
2. ATCATF – Produits ligneux récoltés, CO₂
3. Agriculture – Fermentation entérique, CH₄
4. Agriculture – Sols agricoles directs, N₂O
5. Agriculture – Sols agricoles indirects, N₂O

A2.4. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour l'année de référence

L'incertitude à l'échelle nationale pour l'année de référence (sans l'ATCATF) ressemble à l'incertitude de 2021 ($\pm 2,7$ % et $\pm 2,6$ %, respectivement) (Tableau A2-1). Voici les cinq catégories de sources d'émissions qui ont le plus contribué à l'incertitude à l'échelle nationale, pour 1990, lorsque le secteur ATCATF n'était pas inclus :

1. Déchets – Élimination des déchets solides – SEDS classés, CH₄
2. Énergie – Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public, CO₂
3. Agriculture – Fermentation entérique, CH₄
4. Agriculture – Sols agricoles directs, N₂O
5. Agriculture – Sols agricoles indirects, N₂O

Lorsque les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses, l'incertitude pour l'année de référence est différente de l'incertitude de 2021 (± 14 % et $\pm 7,9$ %, respectivement) (Tableau A2-2). Les cinq catégories qui ont la plus grande incidence sur le degré d'incertitude à l'échelle nationale, pour 1990, sont les suivantes :

1. ATCATF – Produits ligneux récoltés, CO₂
2. Déchets – Élimination des déchets solides – SEDS classés, CH₄
3. Énergie – Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public, CO₂
4. Agriculture – Fermentation entérique, CH₄
5. Agriculture – Sols agricoles directs, N₂O

A2.5. Améliorations prévues

L'amélioration continue est l'un des principes sur lesquels le Canada se fonde pour élaborer son inventaire annuel des GES. Les améliorations prévues à l'évaluation de l'incertitude s'inspireront certainement des méthodes et des bases de données des années précédentes, notamment des méthodes et données de simulation de Monte-Carlo utilisées en 2003–2004. Avant d'apporter de nouveaux changements et améliorations méthodologiques, prenant en compte leurs conséquences sur l'incertitude, constituant ainsi une base pour l'amélioration progressive et régulière de l'analyse des incertitudes.

L'estimation du degré d'incertitude des émissions nationales constitue le sujet d'un document de travail publié en 2020 (Laferrière et al., 2020). Cette étude compare les estimations réelles du degré d'incertitude de Niveau 1 à l'aide d'une approche plus générale, notamment les simulations de Monte Carlo (SMC). Voici les faits saillants de la comparaison :

- l'incidence sur le degré d'incertitude des émissions associée à la fonction de distribution de probabilité (FDP) asymétrique et à la FDP autre que la normale;
- l'effet de l'intégration de la concordance des émissions dans l'ensemble des catégories de source du GIEC — souvent, il est difficile de justifier l'hypothèse de Niveau 1 que les coefficients d'émissions ne sont pas reliés entre les catégories — le document montre l'importance de cette reconnaissance et compare le degré d'incertitude des tendances et la contribution des catégories au degré d'incertitude; et
- la possibilité de tenir compte des deux niveaux de degré d'incertitude pour les variables de l'activité (par exemple, les catégories comportant de multiples ensembles de données sur les activités peuvent avoir individuellement des valeurs d'incertitude élevées, mais lorsqu'elles sont regroupées, le résultat final peut avoir une valeur d'incertitude inférieure).

Les résultats des récentes analyses d'incertitude ont été utilisés pour les catégories de production d'oxyde d'éthylène (Secteur des Procédés industriels) et les Établissements (Secteur ATCATF) dans l'édition 2021 de l'inventaire. Les améliorations concernant les estimations d'incertitude se poursuivront pour d'autres catégories dans les inventaires futurs. Le Chapitre 8 présente un résumé des améliorations prévues.

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions		Incertainité des données sur les activités ^a		Incertainité associée au coefficient d'émission ^a		Incertainité combinée		Incertainité combinée en % des émissions TOTALES	
			Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%
Totaux			588 603	670 428	1,90	1,60	1,50	1,50	2,70	2,60		
1.A.1.a	Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public	CO ₂	93 982	59 858	5,30	0,46	0,49	3,60	5,30	3,70	0,84	0,33
1.A.1.a	Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public	CH ₄	44	194	0,67	0,67	27,00	27,00	27,00	27,00	0,00	0,01
1.A.1.a	Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public	N ₂ O	492	394	0,48	0,48	190,00	190,00	190,00	190,00	0,16	0,11
1.A.1.b	Utilisation de combustibles – Raffinage du pétrole	CO ₂	17 300	13 123	0,93	0,97	8,80	9,20	8,80	9,20	0,26	0,18
1.A.1.b	Utilisation de combustibles – Raffinage du pétrole	CH ₄	11	7	0,86	0,86	200,00	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00
1.A.1.b	Utilisation de combustibles – Raffinage du pétrole	N ₂ O	50	28	0,70	0,70	320,00	320,00	320,00	320,00	0,03	0,01
1.A.1.c	Utilisation de combustibles – Transformation des combustibles solides et Autres industries de l'énergie	CO ₂	29 583	100 875	3,00	0,86	0,84	2,40	3,10	2,50	0,16	0,38
1.A.1.c	Utilisation de combustibles – Transformation des combustibles solides et Autres industries de l'énergie	CH ₄	1 465	2 174	1,00	1,00	120,00	120,00	120,00	120,00	0,30	0,39
1.A.1.c	Utilisation de combustibles – Transformation des combustibles solides et Autres industries de l'énergie	N ₂ O	197	584	0,93	0,93	440,00	440,00	440,00	440,00	0,15	0,38
1.A.2	Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et Construction	CO ₂	61 898	47 476	2,30	2,60	3,70	3,70	3,80	4,10	0,40	0,29
1.A.2	Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et Construction	CH ₄	64	64	2,70	2,70	26,00	26,00	26,00	26,00	0,00	0,00
1.A.2	Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et Construction	N ₂ O	483	494	2,70	2,70	40,00	40,00	40,00	40,00	0,03	0,03
1.A.2-3-42	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (hors route) ^b	CO ₂	28 407	44 587	1,30	1,00	0,15	0,10	1,30	1,00	0,06	0,07
1.A.2-3-42	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (hors route) ^b	CH ₄	546	785	0,83	1,20	6,80	7,20	6,90	7,30	0,01	0,01

Tableau A2-1 Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, sans le secteur d'Affectation des terres et foresterie (suite)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions		Incertainité des données sur les activités ^a		Incertainité associée au coefficient d'émission ^a		Incertainité combinée		Incertainité combinée en % des émissions TOTALES	
			Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%
1.A.2-3-42	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (hors route) ^b	N ₂ O	133	606	0,85	1,60	270,00	84,00	270,00	84,00	0,06	0,08
1.A.3.a	Utilisation de combustibles – Transport aérien (civil)	CO ₂	7 203	5 340	0,79	0,77	0,47	0,41	0,92	0,87	0,01	0,01
1.A.3.a	Utilisation de combustibles – Transport aérien (civil)	CH ₄	11	4	0,80	0,77	220,00	220,00	220,00	220,00	0,00	0,00
1.A.3.a	Utilisation de combustibles – Transport aérien (civil)	N ₂ O	67	47	0,72	0,73	650,00	660,00	650,00	660,00	0,07	0,05
1.A.3.b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CO ₂	87 456	114 740	0,95	1,10	0,12	0,12	0,96	1,10	0,14	0,19
1.A.3.b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CH ₄	318	176	0,92	1,10	15,00	160,00	15,00	160,00	0,01	0,04
1.A.3.b	Utilisation de combustibles – Transport routier	N ₂ O	4 194	1 242	1,30	1,70	34,00	29,00	34,00	29,00	0,24	0,05
1.A.3.c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	6 200	6 111	3,00	3,00	0,28	0,28	3,00	3,00	0,03	0,03
1.A.3.c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CH ₄	9	9	3,00	3,20	150,00	150,00	150,00	150,00	0,00	0,00
1.A.3.c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	N ₂ O	709	718	3,00	3,20	200,00	200,00	200,00	200,00	0,24	0,21
1.A.3.d	Utilisation de combustibles – Transport maritime	CO ₂	2 176	4 098	2,10	2,70	1,70	0,40	2,80	2,70	0,01	0,02
1.A.3.d	Utilisation de combustibles – Transport maritime	CH ₄	5	10	2,10	2,80	36,00	45,00	36,00	45,00	0,00	0,00
1.A.3.d	Utilisation de combustibles – Transport maritime	N ₂ O	17	33	2,10	2,80	100,00	130,00	100,00	130,00	0,00	0,01
1.A.3.e	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	6 685	8 457	0,99	0,99	0,71	0,89	1,20	1,30	0,01	0,02
1.A.3.e	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CH ₄	167	205	1,00	1,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,00	0,00
1.A.3.e	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	N ₂ O	53	64	1,00	1,00	490,00	490,00	490,00	490,00	0,04	0,05
1.A.4	Utilisation de combustibles – Autres secteurs	CO ₂	69 527	73 138	1,40	2,00	1,90	1,50	2,00	2,20	0,24	0,24
1.A.4	Utilisation de combustibles – Autres secteurs	CH ₄	2 206	1 278	5,70	5,70	16,00	16,00	16,00	16,00	0,06	0,03
1.A.4	Utilisation de combustibles – Autres secteurs	N ₂ O	638	632	4,20	4,20	30,00	30,00	30,00	30,00	0,03	0,03
1.A.4.c.iii	Utilisation de combustibles – Pêches	CO ₂	866	179	11,00	2,70	1,00	0,25	11,00	2,70	0,02	0,00
1.A.4.c.iii	Utilisation de combustibles – Pêches	CH ₄	2	0	18,00	17,00	300,00	280,00	300,00	280,00	0,00	0,00
1.A.4.c.iii	Utilisation de combustibles – Pêches	N ₂ O	7	1	11,00	2,70	500,00	120,00	500,00	120,00	0,01	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport aérien militaire)	CO ₂	231	199	0,62	0,63	0,31	0,32	0,69	0,71	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport aérien militaire)	CH ₄	0	0	0,83	0,52	740,00	460,00	740,00	460,00	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport aérien militaire)	N ₂ O	2	2	0,61	0,63	550,00	570,00	550,00	570,00	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport maritime militaire)	CO ₂	28	80	0,36	1,20	0,03	0,11	0,36	1,20	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport maritime militaire)	CH ₄	0	0	0,58	8,10	9,80	130,00	9,80	130,00	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport maritime militaire)	N ₂ O	0	1	0,35	1,30	16,00	55,00	16,00	55,00	0,00	0,00
1.B.1.a	Sources fugitives – Extraction et manutention du charbon	CH ₄	2 824	1 176	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00	57,00	0,27	0,10
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives – Pétrole et gaz	CO ₂	100	650	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	28,00	0,01	0,03
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives – Pétrole et gaz	CH ₄	17 858	21 835	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	8,00	0,18	0,26
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives – Pétrole et gaz	N ₂ O	30	108	0,00	0,00	0,00	0,00	310,00	310,00	0,02	0,05
1.B.2.c	Sources fugitives – Évacuation	CO ₂	7 001	10 120	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	27,00	0,21	0,41
1.B.2.c	Sources fugitives – Torchage	CO ₂	4 859	6 393	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	7,00	0,08	0,07
1.B.2.c	Sources fugitives – Évacuation et torchage	CH ₄	15 458	14 876	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	4,00	0,18	0,09
1.B.2.c	Sources fugitives – Évacuation et torchage	N ₂ O	2	8	0,00	0,00	0,00	0,00	54,00	110,00	0,00	0,00
1.C	Transport et stockage du CO ₂	CO ₂	-	1	0,00	2,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2.A.1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	5 823	7 380	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	8,50	0,14	0,09
2.A.2	PIUP – Production de chaux	CO ₂	1 804	1 312	36,00	8,00	2,00	2,00	31,00	6,60	0,09	0,01
2.A.3	PIUP – Production du verre	CO ₂	166	44	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	10,00	0,00	0,00
2.A.4.b	PIUP – Autres utilisations du carbonate de soude	CO ₂	100	46	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	6,10	0,00	0,00
2.A.4.c	PIUP – Autres (Utilisation de magnésite)	CO ₂	147	116	5,50	7,80	2,00	2,10	5,80	8,10	0,00	0,00

Tableau A2-1 Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, sans le secteur d'Affectation des terres et foresterie (suite)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions		Incertainité des données sur les activités ^a		Incertainité associée au coefficient d'émission ^a		Incertainité combinée		Incertainité combinée en % des émissions TOTALES	
			Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%
2.A.4.d	PIUP – Autres (Utilisation de calcaire et de dolomite)	CO ₂	449	101	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	32,00	0,02	0,00
2.B.1	PIUP – Production d'ammoniac	CO ₂	2 739	2 538	2,20	1,40	9,00	10,00	6,40	6,70	0,03	0,03
2.B.2	PIUP – Production d'acide nitrique	N ₂ O	973	216	2,20	1,00	9,60	3,60	8,80	3,50	0,01	0,00
2.B.3	PIUP – Production d'acide adipique	N ₂ O	10 303	-	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,18	0,00
2.B.7	PIUP – Production de carbonate de soude	CO ₂	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.B.8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	CO ₂	3 362	2 854	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	3,40	0,02	0,01
2.B.8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone (y compris la production de carbure)	CH ₄	134	126	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	16,00	0,00	0,00
2.B.8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	N ₂ O	15	13	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	9,60	0,00	0,00
2.B.9.a	PIUP – Production de composés fluorés	HFCs	971	-	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,08	0,00
2.C.1	PIUP – Production sidérurgique	CO ₂	10 478	7 960	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	5,60	0,10	0,07
2.C.1	PIUP – Production sidérurgique	CH ₄	2	2	0,00	0,00	0,00	0,00	410,00	410,00	0,00	0,00
2.C.3	PIUP – Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 132	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	7,10	0,07	0,05
2.C.3	PIUP – Production d'aluminium	PFCs	7 558	714	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	9,10	0,23	0,01
2.C.3	PIUP – Production d'aluminium	SF ₆	56	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,30	0,00	0,00
2.C.4	PIUP – Production de magnésium	SF ₆	2 738	-	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	0,02	0,00
2.C.7	PIUP – Autres (Moulage du magnésium)	SF ₆	225	139	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	7,10	0,00	0,00
2.D.3.a	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférenciés)	CO ₂	5 830	11 005	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	20,00	0,29	0,33
2.D.3.b	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Utilisation d'urée dans les véhicules SCR)	CO ₂	-	34	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00
2.E.1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	PFCs	0	11	250,00	2,00	200,00	19,00	320,00	19,00	0,00	0,00
2.E.1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	SF ₆	4	34	15,00	15,00	30,00	30,00	45,00	45,00	0,00	0,00
2.E.1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	NF ₃	0	1	250,00	78,00	70,00	300,00	260,00	310,00	0,00	0,00
2.E.5	PIUP – Autres applications émissives	PFCs	-	0	0,00	2,00	0,00	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00
2.F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	HFCs	-	11 433	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	0,19
2.F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	PFCs	-	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	0,00	0,00
2.G.1	PIUP – Équipement électrique	SF ₆	202	153	11,00	11,00	30,00	30,00	32,00	32,00	0,01	0,01
2.G.3.a	PIUP – Autres (Applications médicales du N ₂ O)	N ₂ O	146	465	20,00	20,00	5,00	5,00	18,00	20,00	0,00	0,01
2.G.3.b	PIUP – Autres (Utilisations de N ₂ O comme agent propulseur)	N ₂ O	26	85	20,00	20,00	5,00	5,00	18,00	20,00	0,00	0,00
2.G.4	PIUP – Autres utilisations de produits confinés	PFCs	-	18	0,00	2,00	0,00	50,00	0,00	51,00	0,00	0,00
	Agriculture – CH ₄ Total	CH ₄	24 978	28 386	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	19,00	0,85	0,82
3.A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	22 347	24 449	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	22,00	0,84	0,80
3.B.1	Agriculture – Gestion du fumier	CH ₄	2 461	3 911	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	32,00	0,16	0,19
3.F	Agriculture – Incinération des résidus agricoles dans les champs	CH ₄	170	27	50,00	50,00	40,00	40,00	64,00	64,00	0,02	0,00
	Agriculture – N ₂ O Total	N ₂ O	14 971	22 740	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	26,00	0,54	0,88
3.B.2	Agriculture – Gestion du fumier – Émissions directes	N ₂ O	3 042	3 336	0,00	0,00	0,00	0,00	51,00	51,00	0,26	0,25
3.B.2	Agriculture – Gestion du fumier – Émissions indirectes	N ₂ O	586	598	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,10	0,09
3.D.1	Agriculture – Sols agricoles directs	N ₂ O	8 730	14 845	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	34,00	0,50	0,75
3.D.2	Agriculture – Sols agricoles indirects	N ₂ O	2 560	3 953	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,43	0,59
3.F	Agriculture – Incinération des résidus agricoles dans les champs	N ₂ O	53	8	50,00	50,00	48,00	48,00	69,00	69,00	0,01	0,00
	Agriculture – CO ₂ Total	CO ₂	1 191	3 117	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	45,00	0,08	0,21
3.G.1	Agriculture – Calcaire CaCO ₃	CO ₂	385	171	30,00	30,00	50,00	50,00	58,00	58,00	0,04	0,01

Tableau A2-1 Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, sans le secteur d'Affectation des terres et foresterie (suite)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions		Incertainité des données sur les activités ^a		Incertainité associée au coefficient d'émission ^a		Incertainité combinée		Incertainité combinée en % des émissions TOTALES	
			Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%
3.H	Agriculture – Application d'urée	CO ₂	754	2 632	15,00	15,00	50,00	50,00	52,00	52,00	0,07	0,20
3.I	Agriculture – Autres engrais contenant du carbone	CO ₂	52	314	15,00	15,00	50,00	50,00	52,00	52,00	0,00	0,02
5.A.1	Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement gérés	CH ₄	16 135	17 238	59,00	59,00	46,00	46,00	76,00	76,00	2,07	1,94
5.A.2	Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement non gérés – Sites d'enfouissement de déchets de bois	CH ₄	892	696	0,00	0,00	0,00	0,00	190,00	190,00	0,29	0,20
5.B.1	Traitement biologique des déchets solides – Compostage	CH ₄	34	154	0,00	0,00	63,00	88,00	63,00	88,00	0,00	0,02
5.B.1	Traitement biologique des déchets solides – Compostage	N ₂ O	39	180	0,00	0,00	53,00	60,00	53,00	60,00	0,00	0,02
5.B.2	Traitement biologique des déchets solides – Digestion anaérobie – Installations industrielles et municipales	CH ₄	-	24	0,00	0,00	79,00	79,00	79,00	79,00	0,00	0,00
5.C.1	Incineration et combustion à l'air libre de déchets – Incineration des déchets	CO ₂	171	78	4,00	4,20	32,00	34,00	36,00	35,00	0,01	0,00
5.C.1	Incineration et combustion à l'air libre de déchets – Incineration des déchets	CH ₄	2	1	3,90	4,90	79,00	98,00	49,00	59,00	0,00	0,00
5.C.1	Incineration et combustion à l'air libre de déchets – Incineration des déchets	N ₂ O	92	73	3,50	4,30	70,00	86,00	70,00	87,00	0,01	0,01
5.D	Traitement et rejet des eaux usées	CH ₄	748	1 088	43,00	43,00	36,00	36,00	55,00	55,00	0,07	0,09
5.D	Traitement et rejet des eaux usées	N ₂ O	791	1 496	10,00	10,00	50,00	50,00	51,00	51,00	0,07	0,11
5.D	Traitement et rejet des eaux usées	CO ₂	28	29	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00

Notes :

a. Dans le cas des catégories où les valeurs de l'incertitude relative au coefficient d'émission et aux données sur les activités ne sont pas précisées, les estimations de l'incertitude combinée sont fondées sur des analyses sectorielles de Monte-Carlo. Pour de plus amples renseignements sur les sources des données et des méthodes de calcul de l'incertitude (concernant les catégories du secteur de l'Énergie, du secteur des PIUP, du secteur de l'Agriculture et du secteur des Déchets), veuillez consulter les sections sur l'incertitude des chapitres respectifs du RIN. Dans le cas de l'Agriculture, le coefficient d'émission a été calculé à rebours à partir de l'analyse de l'incertitude de Monte Carlo réalisée pour le N₂O et le CH₄ séparément. Les contributions totales à l'incertitude sont la sommation de l'incertitude de l'analyse de Monte Carlo de N₂O et de CH₄ combiné aux erreurs de calculs de la propagation du CO₂. Pour les catégories des PIUP où les valeurs d'incertitude pour les données d'activité et le coefficient d'émission ne sont pas fournies, la valeur d'incertitude combinée est calculée en utilisant de nombreuses entrées de sous-catégories qui ont des valeurs d'incertitude variables pour les données d'activité et le coefficient d'émission.

b. 1.A.2.g.vii, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii, 1.A.4.c.ii

Tableau A2-2 Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, avec le secteur d'Affectation des terres et foresterie

Catégorie de source du GIEC			Gaz	Émissions		Incertitude des données sur les activités ^a		Incertitude associée au coefficient d'émission ^a		Incertitude combinée		Incertitude combinée en % des émissions TOTALES	
				Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%	
Totaux			531 185	665 655	2,40	2,00	1,90	1,80	14,00	8,00			
1.A.1.a	Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public	CO ₂	93 982	59 858	5,30	0,46	0,49	3,60	5,30	3,70	0,95	0,33	
1.A.1.a	Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public	CH ₄	44	194	0,67	0,67	27,00	27,00	27,00	27,00	0,00	0,01	
1.A.1.a	Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur du secteur public	N ₂ O	492	394	0,48	0,48	190,00	190,00	190,00	190,00	0,18	0,11	
1.A.1.b	Utilisation de combustibles – Raffinage du pétrole	CO ₂	17 300	13 123	0,93	0,97	8,80	9,20	8,80	9,20	0,29	0,19	
1.A.1.b	Utilisation de combustibles – Raffinage du pétrole	CH ₄	11	7	0,86	0,86	200,00	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	
1.A.1.b	Utilisation de combustibles – Raffinage du pétrole	N ₂ O	50	28	0,70	0,70	320,00	320,00	320,00	320,00	0,03	0,01	
1.A.1.c	Utilisation de combustibles – Transformation des combustibles solides et Autres industries de l'énergie	CO ₂	29 583	100 875	3,00	0,86	0,84	2,40	3,10	2,50	0,18	0,39	
1.A.1.c	Utilisation de combustibles – Transformation des combustibles solides et Autres industries de l'énergie	CH ₄	1 465	2 174	1,00	1,00	120,00	120,00	120,00	120,00	0,33	0,40	
1.A.1.c	Utilisation de combustibles – Transformation des combustibles solides et Autres industries de l'énergie	N ₂ O	197	584	0,93	0,93	440,00	440,00	440,00	440,00	0,16	0,39	
1.A.2	Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et Construction	CO ₂	61 898	47 476	2,30	2,60	3,70	3,70	3,80	4,10	0,45	0,30	
1.A.2	Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et Construction	CH ₄	64	64	2,70	2,70	26,00	26,00	26,00	26,00	0,00	0,00	
1.A.2	Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et Construction	N ₂ O	483	494	2,70	2,70	40,00	40,00	40,00	40,00	0,04	0,03	
1.A.2-3-42	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (hors route) ^b	CO ₂	28 407	44 587	1,30	1,00	0,15	0,10	1,30	1,00	0,07	0,07	
1.A.2-3-42	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (hors route) ^b	CH ₄	546	785	0,83	1,20	6,80	7,20	6,90	7,30	0,01	0,01	
1.A.2-3-42	Utilisation de combustibles – Autres moyens de transport (hors route) ^b	N ₂ O	133	606	0,85	1,60	270,00	84,00	270,00	84,00	0,07	0,08	
1.A.3.a	Utilisation de combustibles – Transport aérien (civil)	CO ₂	7 203	5 340	0,79	0,77	0,47	0,41	0,92	0,87	0,01	0,01	
1.A.3.a	Utilisation de combustibles – Transport aérien (civil)	CH ₄	11	4	0,80	0,77	220,00	220,00	220,00	220,00	0,00	0,00	
1.A.3.a	Utilisation de combustibles – Transport aérien (civil)	N ₂ O	67	47	0,72	0,73	650,00	660,00	650,00	660,00	0,08	0,05	
1.A.3.b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CO ₂	87 456	114 740	0,95	1,10	0,12	0,12	0,96	1,10	0,16	0,20	
1.A.3.b	Utilisation de combustibles – Transport routier	CH ₄	318	176	0,92	1,10	15,00	160,00	15,00	160,00	0,01	0,04	
1.A.3.b	Utilisation de combustibles – Transport routier	N ₂ O	4 194	1 242	1,30	1,70	34,00	29,00	34,00	29,00	0,27	0,05	
1.A.3.c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CO ₂	6 200	6 111	3,00	3,00	0,28	0,28	3,00	3,00	0,04	0,03	
1.A.3.c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	CH ₄	9	9	3,00	3,20	150,00	150,00	150,00	150,00	0,00	0,00	
1.A.3.c	Utilisation de combustibles – Transport ferroviaire	N ₂ O	709	718	3,00	3,20	200,00	200,00	200,00	200,00	0,27	0,21	
1.A.3.d	Utilisation de combustibles – Transport maritime	CO ₂	2 176	4 098	2,10	2,70	1,70	0,40	2,80	2,70	0,01	0,02	
1.A.3.d	Utilisation de combustibles – Transport maritime	CH ₄	5	10	2,10	2,80	36,00	45,00	36,00	45,00	0,00	0,00	
1.A.3.d	Utilisation de combustibles – Transport maritime	N ₂ O	17	33	2,10	2,80	100,00	130,00	100,00	130,00	0,00	0,01	
1.A.3.e	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CO ₂	6 685	8 457	0,99	0,99	0,71	0,89	1,20	1,30	0,02	0,02	
1.A.3.e	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	CH ₄	167	205	1,00	1,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,00	0,00	
1.A.3.e	Utilisation de combustibles – Transport par pipeline	N ₂ O	53	64	1,00	1,00	490,00	490,00	490,00	490,00	0,05	0,05	
1.A.4	Utilisation de combustibles – Autres secteurs	CO ₂	69 527	73 138	1,40	2,00	1,90	1,50	2,00	2,20	0,27	0,25	
1.A.4	Utilisation de combustibles – Autres secteurs	CH ₄	2 206	1 278	5,70	5,70	16,00	16,00	16,00	16,00	0,07	0,03	
1.A.4	Utilisation de combustibles – Autres secteurs	N ₂ O	638	632	4,20	4,20	30,00	30,00	30,00	30,00	0,04	0,03	
1.A.4.c.iii	Utilisation de combustibles – Pêches	CO ₂	866	179	11,00	2,70	1,00	0,25	11,00	2,70	0,02	0,00	
1.A.4.c.iii	Utilisation de combustibles – Pêches	CH ₄	2	0	18,00	17,00	300,00	280,00	300,00	280,00	0,00	0,00	
1.A.4.c.iii	Utilisation de combustibles – Pêches	N ₂ O	7	1	11,00	2,70	500,00	120,00	500,00	120,00	0,01	0,00	
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport aérien militaire)	CO ₂	231	199	0,62	0,63	0,31	0,32	0,69	0,71	0,00	0,00	
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport aérien militaire)	CH ₄	0	0	0,83	0,52	740,00	460,00	740,00	460,00	0,00	0,00	
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport aérien militaire)	N ₂ O	2	2	0,61	0,63	550,00	570,00	550,00	570,00	0,00	0,00	

Tableau A2-2 Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, avec le secteur d'Affectation des terres et foresterie (suite)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions		Incertitude des données sur les activités ^a		Incertitude associée au coefficient d'émission ^a		Incertitude combinée		Incertitude combinée en % des émissions TOTALES	
			Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport maritime militaire)	CO ₂	28	80	0,36	1,20	0,03	0,11	0,36	1,20	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport maritime militaire)	CH ₄	0	0	0,58	8,10	9,80	130,00	9,80	130,00	0,00	0,00
1.A.5.b.	Utilisation de combustibles – Autres (Transport maritime militaire)	N ₂ O	0	1	0,35	1,30	16,00	55,00	16,00	55,00	0,00	0,00
1.B.1.a	Sources fugitives – Extraction et manutention du charbon	CH ₄	2 824	1 176	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00	57,00	0,31	0,10
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives – Pétrole et gaz	CO ₂	100	650	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	28,00	0,01	0,03
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives – Pétrole et gaz	CH ₄	17 858	21 835	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	8,00	0,20	0,27
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives – Pétrole et gaz	N ₂ O	30	108	0,00	0,00	0,00	0,00	310,00	310,00	0,02	0,05
1.B.2.c	Sources fugitives – Évacuation	CO ₂	7 001	10 120	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	27,00	0,24	0,42
1.B.2.c	Sources fugitives – Torchage	CO ₂	4 859	6 393	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	7,00	0,09	0,07
1.B.2.c	Sources fugitives – Évacuation et torchage	CH ₄	15 458	14 876	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	4,00	0,21	0,09
1.B.2.c	Sources fugitives – Évacuation et torchage	N ₂ O	2	8	0,00	0,00	0,00	0,00	54,00	110,00	0,00	0,00
1.C	Transport et stockage du CO ₂	CO ₂	-	1	0,00	2,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2.A.1	PIUP – Production de ciment	CO ₂	5 823	7 380	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	8,50	0,15	0,10
2.A.2	PIUP – Production de chaux	CO ₂	1 804	1 312	36,00	8,00	2,00	2,00	31,00	6,60	0,11	0,01
2.A.3	PIUP – Production du verre	CO ₂	166	44	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	10,00	0,00	0,00
2.A.4.b	PIUP – Autres utilisations du carbonate de soude	CO ₂	100	46	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	6,10	0,00	0,00
2.A.4.c	PIUP – Autres (Utilisation de magnésite)	CO ₂	147	116	5,50	7,80	2,00	2,10	5,80	8,10	0,00	0,00
2.A.4.d	PIUP – Autres (Utilisation de calcaire et de dolomite)	CO ₂	449	101	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	32,00	0,03	0,00
2.B.1	PIUP – Production d'ammoniac	CO ₂	2 739	2 538	2,20	1,40	9,00	10,00	6,40	6,70	0,03	0,03
2.B.2	PIUP – Production d'acide nitrique	N ₂ O	973	216	2,20	1,00	9,60	3,60	8,80	3,50	0,02	0,00
2.B.3	PIUP – Production d'acide adipique	N ₂ O	10 303	0	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,20	0,00
2.B.7	PIUP – Production de carbonate de soude	CO ₂	-	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.B.8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	CO ₂	3 362	2 854	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	3,40	0,03	0,01
2.B.8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone (y compris la production de carbure)	CH ₄	134	126	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	16,00	0,00	0,00
2.B.8	PIUP – Production pétrochimique et de noir de carbone	N ₂ O	15	13	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	9,60	0,00	0,00
2.B.9.a	PIUP – Production de composés fluorés	HFCs	971	0	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,09	0,00
2.C.1	PIUP – Production sidérurgique	CO ₂	10 478	7 960	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	5,60	0,11	0,07
2.C.1	PIUP – Production sidérurgique	CH ₄	2	2	0,00	0,00	0,00	0,00	410,00	410,00	0,00	0,00
2.C.3	PIUP – Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 132	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	7,10	0,08	0,06
2.C.3	PIUP – Production d'aluminium	PFCs	7 558	714	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	9,10	0,26	0,01
2.C.3	PIUP – Production d'aluminium	SF ₆	56	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,30	0,00	0,00
2.C.4	PIUP – Production de magnésium	SF ₆	2 738	0	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	0,02	0,00
2.C.7	PIUP – Autres (Moulage du magnésium)	SF ₆	225	139	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	7,10	0,00	0,00
2.D.3.a	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Autres et indifférenciés)	CO ₂	5 830	11 005	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	20,00	0,32	0,34
2.D.3.b	PIUP – Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant – Autres (Utilisation d'urée dans les véhicules SCR)	CO ₂	-	34	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00
2.E.1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	PFCs	0	11	250,00	2,00	200,00	19,00	320,00	19,00	0,00	0,00
2.E.1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	SF ₆	4	34	15,00	15,00	30,00	30,00	45,00	45,00	0,00	0,00
2.E.1	PIUP – Circuit intégré ou semiconducteur	NF ₃	0	1	250,00	78,00	70,00	300,00	260,00	310,00	0,00	0,00
2.E.5	PIUP – Autres applications émissives	PFCs	-	0	0,00	2,00	0,00	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00
2.F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	HFCs	-	11 433	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	0,19
2.F	PIUP – Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone	PFCs	-	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	0,00	0,00
2.G.1	PIUP – Équipement électrique	SF ₆	202	153	11,00	11,00	30,00	30,00	32,00	32,00	0,01	0,01
2.G.3.a	PIUP – Autres (Applications médicales du N ₂ O)	N ₂ O	146	465	20,00	20,00	5,00	5,00	18,00	20,00	0,01	0,01
2.G.3.b	PIUP – Autres (Utilisations de N ₂ O comme agent propulseur)	N ₂ O	26	85	20,00	20,00	5,00	5,00	18,00	20,00	0,00	0,00
2.G.4	PIUP – Autres utilisations de produits confinés	PFCs	-	18	0,00	2,00	0,00	50,00	0,00	51,00	0,00	0,00
	Agriculture – CH ₄ Total	CH ₄	24 978	28 386	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	19,00	0,96	0,85

Tableau A2-2 Évaluation du degré de l'incertitude pour l'année de référence et la plus récente, avec le secteur d'Affectation des terres et foresterie (suite)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions		Incertainité des données sur les activités ^a		Incertainité associée au coefficient d'émission ^a		Incertainité combinée		Incertainité combinée en % des émissions TOTALES	
			Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021	Année de référence	2021
			kt d'éq. CO ₂	kt d'éq. CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%
3.A	Agriculture – Fermentation entérique	CH ₄	22 347	24 449	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	22,00	0,94	0,82
3.B.1	Agriculture – Gestion du fumier	CH ₄	2 461	3 911	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	32,00	0,18	0,19
3.F	Agriculture – Incinération des résidus agricoles dans les champs	CH ₄	170	27	50,00	50,00	40,00	40,00	64,00	64,00	0,02	0,00
	Agriculture – N ₂ O Total	N ₂ O	14 971	22 740	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	26,00	0,60	0,90
3.B.2	Agriculture – Gestion du fumier – Émissions directes	N ₂ O	3 042	3 336	0,00	0,00	0,00	0,00	51,00	51,00	0,30	0,26
3.B.2	Agriculture – Gestion du fumier – Émissions indirectes	N ₂ O	586	598	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,11	0,09
3.D.1	Agriculture – Sols agricoles directs	N ₂ O	8 730	14 845	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	34,00	0,57	0,77
3.D.2	Agriculture – Sols agricoles indirectes	N ₂ O	2 560	3 953	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,49	0,61
3.F	Agriculture – Incinération des résidus agricoles dans les champs	N ₂ O	53	8	50,00	50,00	48,00	48,00	69,00	69,00	0,01	0,00
	Agriculture – CO ₂ Total	CO ₂	1 191	3 117	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	45,00	0,09	0,21
3.G.1	Agriculture – Calcaire CaCO ₃	CO ₂	385	171	30,00	30,00	50,00	50,00	58,00	58,00	0,04	0,02
3.H	Agriculture – Application d'urée	CO ₂	754	2 632	15,00	15,00	50,00	50,00	52,00	52,00	0,08	0,21
3.I	Agriculture – Autres engrais contenant du carbone	CO ₂	52	314	15,00	15,00	50,00	50,00	52,00	52,00	0,01	0,03
4.A.1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	(202 886)	(132 816)	0,00	0,00	0,00	0,00	33,00	36,00	-12,68	-7,36
4.A.1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH ₄	305	278	0,00	0,00	0,00	0,00	37,00	160,00	0,02	0,07
4.A.1	ATCATF – Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	N ₂ O	155	180	0,00	0,00	0,00	0,00	43,00	150,00	0,01	0,04
4.A.2	ATCATF – Terres converties en terres forestières	CO ₂	(1 069)	(174)	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	110,00	-0,08	-0,03
4.B	ATCATF – Terres cultivées	CO ₂	(8 405)	(22 749)	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	23,00	-0,36	-0,79
4.B	ATCATF – Terres cultivées	N ₂ O	26	1	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	0,00	0,00
4.C	ATCATF – Prairies	CH ₄	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00	64,00	64,00	0,00	0,00
4.C	ATCATF – Prairies	N ₂ O	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	69,00	69,00	0,00	0,00
4.D	ATCATF – Terres humides	CO ₂	2 498	2 106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.D	ATCATF – Terres humides	CH ₄	6	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.D	ATCATF – Terres humides	N ₂ O	2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.E	ATCATF – Établissements	CO ₂	(4 175)	(4 403)	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	38,00	-0,31	-0,26
4.F	ATCATF – Conversion de terres forestières	CO ₂	17 676	12 349	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	28,00	0,55	0,52
4.F	ATCATF – Conversion de terres forestières	CH ₄	447	259	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	29,00	0,02	0,01
4.F	ATCATF – Conversion de terres forestières	N ₂ O	220	130	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	30,00	0,01	0,01
4.G.	ATCATF – Produits ligneux récoltés (PLR)	CO ₂	130 693	127 515	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	4,90	4,69	0,96
5.A.1	Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement gérés	CH ₄	16 135	17 238	59,00	59,00	46,00	46,00	76,00	76,00	2,32	1,99
5.A.2	Élimination des déchets solides – sites d'enfouissement non gérés – Sites d'enfouissement de déchets de bois	CH ₄	892	696	0,00	0,00	0,00	0,00	190,00	190,00	0,32	0,20
5.B.1	Traitement biologique des déchets solides – Compostage	CH ₄	34	154	0,00	0,00	63,00	88,00	63,00	88,00	0,00	0,02
5.B.1	Traitement biologique des déchets solides – Compostage	N ₂ O	39	180	0,00	0,00	53,00	60,00	53,00	60,00	0,00	0,02
5.B.2	Traitement biologique des déchets solides – Digestion anaérobie – Installations industrielles et municipales	CH ₄	-	24	0,00	0,00	79,00	79,00	79,00	79,00	0,00	0,00
5.C.1	Incinération et combustion à l'air libre de déchets – Incinération des déchets	CO ₂	171	78	4,00	4,20	32,00	34,00	36,00	35,00	0,01	0,00
5.C.1	Incinération et combustion à l'air libre de déchets – Incinération des déchets	CH ₄	2	1	3,90	4,90	79,00	98,00	49,00	59,00	0,00	0,00
5.C.1	Incinération et combustion à l'air libre de déchets – Incinération des déchets	N ₂ O	92	73	3,50	4,30	70,00	86,00	70,00	87,00	0,01	0,01
5.D	Traitement et rejet des eaux usées	CH ₄	748	1 088	43,00	43,00	36,00	36,00	55,00	55,00	0,08	0,09
5.D	Traitement et rejet des eaux usées	N ₂ O	791	1 496	10,00	10,00	50,00	50,00	51,00	51,00	0,08	0,12
5.D	Traitement et rejet des eaux usées	CO ₂	28	29	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00

Notes :

- a. Dans le cas des catégories où les valeurs de l'incertitude relative au coefficient d'émission et aux données sur les activités ne sont pas précisées, les estimations de l'incertitude combinée sont fondées sur des analyses sectorielles de Monte-Carlo. Pour de plus amples renseignements sur les sources des données et des méthodes de calcul de l'incertitude (concernant les catégories du secteur de l'Énergie, du secteur des PIUP, du secteur de l'Agriculture et du secteur des Déchets), veuillez consulter les sections sur l'incertitude des chapitres respectifs du RIN. Dans le cas de l'Agriculture, le coefficient d'émission a été calculé à rebours à partir de l'analyse de l'incertitude de Monte Carlo réalisée pour le N₂O et le CH₄ séparément. Les contributions totales à l'incertitude sont la sommation de l'incertitude de l'analyse de Monte Carlo de N₂O et de CH₄ combiné aux erreurs de calculs de la propagation du CO₂. Pour les catégories des PIUP où les valeurs d'incertitude pour les données d'activité et le coefficient d'émission ne sont pas fournies, la valeur d'incertitude combinée est calculée en utilisant de nombreuses entrées de sous-catégories qui ont des valeurs d'incertitude variables pour les données d'activité et le coefficient d'émission.
- b. 1.A.2.g.vii, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.a.ii., 1.A.4.b.ii, 1.A.4.c.ii

MÉTHODOLOGIES

A3.1. Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles	20
A3.2. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles	43
A3.3. Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits	86
A3.4. Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture	103
A3.5. Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	167
A3.6. Méthodologie pour le secteur des Déchets	225

A3.1. Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles

La présente annexe donne un aperçu de la méthodologie, des données sur les activités et des coefficients d'émission utilisés pour estimer les émissions de CO₂, CH₄ et N₂O issues de l'utilisation de combustibles dans le secteur de l'énergie.

A3.1.1. Méthodologie

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables à l'utilisation de combustibles utilise généralement une méthode descendante conforme à l'approche sectorielle de niveau 3 et de niveau 2 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). Comme l'illustre l'Équation A3.1–1, pour calculer les émissions de chaque catégorie de sources, la quantité de combustible déclarée à l'échelle nationale, provinciale et territoriale est multipliée par le coefficient d'émission propre au combustible. Les sections A3.1.4.1 et A3.1.4.2 traitent des améliorations et des variantes apportées à la méthode générale d'estimation des émissions de combustion provenant de sources fixes et des transports, respectivement. Ces améliorations visent à l'amélioration continue de l'évaluation et de la répartition des émissions lorsqu'on dispose de précisions ou de paramètres supplémentaires. Par ailleurs, le chapitre du rapport consacré à l'énergie (Chapitre 3) traite de questions méthodologiques particulières.

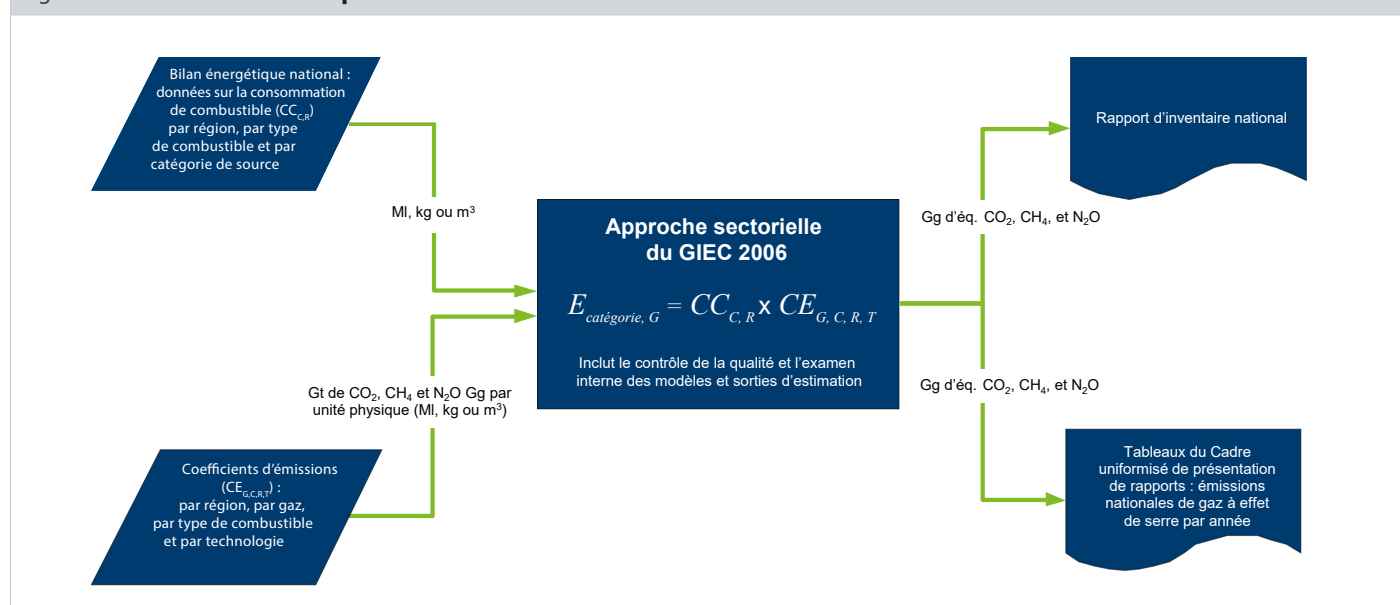
Équation A3.1–1 Équation générale de calcul des émissions de combustion

$$E_{\text{Catégorie},G} = CC_{C,R} \times CE_{G,C,R,T}$$

$E_{\text{Catégorie},G}$	=	émissions de GES par catégorie de sources et par GES (CO ₂ , CH ₄ ou N ₂ O)
$CC_{C,R}$	=	quantité de combustible consommé (en unités physiques comme le kilo, le litre ou le m ³), par type de combustibles (c.-à-d. le gaz naturel, le charbon subbitumineux, le kérosène, etc.) et par région
$CE_{G,C,R,T}$	=	coefficient d'émission propre au pays (en unités physiques) par GES, par type de combustible, par région (quand l'information est disponible) et par technologie (pour les coefficients d'émission des autres gaz que le CO ₂)

Les modèles de calcul des sources de combustion fixes et des transports reposent principalement sur des bases de données relationnelles pour traiter les données sur les activités et les coefficients d'émission nationaux, provinciaux et territoriaux afin d'estimer les émissions de GES (Figure A3.1–1). Statistique Canada présente le bilan énergétique national en unités physiques à l'aide de données fournies par les secteurs de la production et de la consommation. Pour cette raison, les unités physiques ont été jugées comme étant les plus précises pour produire les estimations des émissions. Les coefficients d'émission propres au pays sont exprimés en unités physiques afin de réduire au minimum le nombre de facteurs de conversion supplémentaires requis et ainsi limiter l'incertitude associée à l'estimation. Afin de réduire encore davantage cette incertitude, des coefficients d'émission

Figure A3.1–1 Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES



plus précis à l'échelle provinciale et territoriale sont appliqués plutôt qu'à l'échelle nationale (p. ex., des coefficients d'émission régionaux du charbon et du gaz naturel sont utilisés pour tenir compte de la variation de la teneur en carbone). Les différences existantes relatives aux technologies de combustion sont prises en compte par les coefficients d'émission des gaz autres que le CO₂.

A3.1.2. Données sur les activités provenant de Statistique Canada

Le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, 1990–), aussi connu sous le nom de « bilan énergétique national », constitue la principale source de données sur les combustibles et l'énergie utilisée pour estimer les émissions issues de la combustion. Le BDEE utilise des méthodes descendantes et ascendantes pour compiler l'offre et la demande en matière d'énergie au Canada. La production canadienne de combustibles est comparée à l'utilisation de combustibles en fonction de grandes catégories comme les importations-exportations, la consommation par le producteur, le secteur industriel, le secteur résidentiel. Les données sur l'utilisation industrielle d'énergie sont attribuées conformément au Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). Pour le moment, le BDEE présente les données sur l'énergie utilisée par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur (producteurs autonomes) sur deux lignes différentes (l'une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur), mais elles ne sont pas divisées davantage selon les sous-catégories industrielles. Avant 1998, ces lignes figuraient dans l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie (CIE) (Statistique Canada, sans date[a]). Depuis 1998, les données de la ligne de l'électricité (des producteurs autonomes) sont fondées sur les quantités figurant dans l'enquête sur la Consommation de combustibles des centrales thermiques d'énergie électrique (CCCTEE) (Statistique Canada, sans date[b]). Cette amélioration a été mise en œuvre par Statistique Canada pour accroître la transparence et l'exactitude de l'information sur le sous-secteur, puisque le combustible utilisé pour produire de l'électricité est plus complet et de meilleure qualité. La ligne vapeur reste remplie à l'aide des données de l'enquête de la CIE.

Bien que le BDEE fournisse également des données sur la consommation de combustibles à l'échelle provinciale et territoriale, ces données ne sont généralement pas aussi précises qu'à l'échelle nationale. Statistique Canada attribue habituellement la demande finale en combustibles par sous-catégories pour le BDEE au moyen d'un certain nombre d'enquêtes qui s'adressent aux producteurs et aux fournisseurs d'énergie, aux ministères provinciaux et territoriaux responsables de l'énergie et à certains utilisateurs finaux de l'énergie. La précision des estimations à la suite de ces attributions est moindre que l'offre totale d'énergie disponible à l'échelle nationale. Par conséquent, les estimations totales d'émissions pour le Canada offrent plus de certitude que celles provenant de sous-catégories spécifiques. Depuis 1995, Statistique Canada recueille des données sur l'énergie directement auprès d'utilisateurs finaux, au moyen de l'enquête CIE. L'estimation de la consommation industrielle à l'aide d'une approche ascendante fournit de l'information plus précise par sous-catégorie. Veuillez consulter l'Annexe 4, Bilan énergétique national, pour plus de précisions sur l'élaboration de l'ensemble de données du BDEE et de la CIE, notamment sur les activités de Statistique Canada en matière de contrôle et d'assurance de la qualité. Les enquêtes portant sur des secteurs particuliers servent à vérifier les tendances sectorielles et l'attribution des émissions.

En général, les modèles de combustion utilisent la quantité de combustibles fossiles consommée en unités physiques plutôt qu'en unités énergétiques, puisque les valeurs de teneur en énergie ne sont pas toujours accessibles à certains fournisseurs et utilisateurs finaux lorsqu'ils répondent aux enquêtes de Statistique Canada. En conséquence, on estime que les données

exprimées en unités de pouvoir calorifique supérieur sont moins précises. Lorsque Statistique Canada convertit ces unités en valeurs énergétiques, sauf dans le cas du gaz naturel, il utilise des facteurs de conversion énergétique constants propres à chaque type de combustible (un facteur pour 1990 à 1997 et un autre facteur pour 1998 à aujourd'hui) sans prendre en compte la variabilité d'une année à l'autre pour les combustibles comme le charbon, le coke de pétrole et le gaz combustible des raffineries (gaz de distillation). Ces facteurs de conversion énergétiques sont appliqués pour l'inscription des quantités de combustibles dans les tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR), et les valeurs nationales pondérées sont déterminées aux fins du calcul de la méthode de référence (veuillez consulter le tableau A4-2 pour plus de détails). La seule exception est le combustible résiduaire, dont les données fournies par l'Association canadienne du ciment ne sont présentées qu'en unités énergétiques. Statistique Canada et Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) ont lancé un programme pluriannuel dans le but de faciliter le suivi et la mise à jour des facteurs de conversion énergétique. Veuillez consulter la section sur les améliorations prévues, au Chapitre 3, pour plus de détails.

Les sources de données autres que Statistique Canada utilisées pour les modèles de calcul des émissions attribuables à la combustion ou au transport sont indiquées dans les discussions sur les méthodes particulières employées, comme l'information sur les quantités de gaz d'enfouissement, la consommation de combustible résiduaire et le parc de véhicules (sections A3.1.4.1 et A3.1.4.2).

A3.1.3. Coefficients d'émission et d'oxydation pour l'utilisation de combustibles

Ce qui suit constitue une courte description des coefficients d'émission des combustibles qui contribuent le plus aux émissions de GES du Canada. Pour une description détaillée des coefficients d'émission utilisés dans les modèles actuels d'utilisation de combustibles fossiles, veuillez consulter l'Annexe 6.

Gaz naturel : Les coefficients d'émission de CO₂ varient selon la source de gaz naturel et selon qu'il s'agit de gaz naturel marchand ou non marchand (gaz naturel brut pour consommation sur place par des producteurs de gaz naturel). Ils tiennent également compte des changements dans la composition en hydrocarbures du gaz naturel marchand au fil du temps, comme indiqué dans le tableau A6.1-1. Par conséquent, les coefficients d'émission des provinces et territoires varient selon la quantité de gaz naturel canadien et étranger fourni annuellement et sa composition en hydrocarbures. Les coefficients d'émission pour le CH₄ et le N₂O varient selon la technologie de combustion.

Produits pétroliers raffinés (PPR) : Les produits pétroliers raffinés incluent les combustibles suivants, sans toutefois s'y limiter : diesel, essence, mazout léger et mazout lourd. Les coefficients d'émission varient selon le type de combustible et/ou la technologie de combustion (pour le CH₄ et le N₂O).

Charbon : Coefficients d'émissions de CO₂ diffèrent selon les propriétés du charbon, la province où il est utilisé, et son origine, charbon canadien ou étranger. Les coefficients d'émission pour le CH₄ et le N₂O varient selon la technologie de combustion.

Les valeurs d'oxydation par défaut établies par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) s'appliquent à tous les combustibles, sauf au charbon; les coefficients d'oxydation propres au pays appliqués à l'échelle provinciale et territoriale tiennent compte des variations régionales de l'efficacité de la combustion. Veuillez consulter l'Annexe 6 pour plus de détails sur les coefficients d'oxydation du charbon.

A3.1.3.1. Coefficients d'émission pour le CO₂

Les émissions de CO₂ attribuables à l'usage de combustibles dépendent de la quantité de combustible brûlée, de sa teneur en carbone ainsi que du coefficient d'oxydation appliqué. Le coefficient d'émission appliqué varie en fonction du type de combustible et de la région, s'il y a lieu. Il est question de l'établissement des coefficients d'émission de CO₂ à l'Annexe 6. Les propriétés des combustibles, telles que la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorifique, ont été déterminées selon des normes d'essais industriels approuvées de l'*American Society for Testing and Material* (ASTM) et de l'Office des normes générales du Canada (ONGC).

Le coefficient d'émission applicable aux combustibles résiduaires est fondé sur la teneur énergétique, puisque les données sur les activités fournies par l'Association canadienne du ciment sont exprimées en unités énergétiques.

A3.1.3.2. Coefficients d'émission pour les GES autres que le CO₂

Les coefficients d'émission correspondant à tous les GES autres que le CO₂ et provenant d'activités de combustion varient plus ou moins selon :

- le type de combustible
- la technologie
- les conditions d'utilisation
- l'entretien et l'âge de la technologie

Pendant l'utilisation de combustibles à base de carbone, une faible partie demeure non oxydée sous forme de CH_4 . Des recherches supplémentaires s'imposent pour mieux établir les coefficients d'émission de CH_4 dans le cas de nombreux procédés de combustion. Les facteurs applicables à l'ensemble ont été élaborés d'après des technologies typiques et les coefficients d'émission disponibles.

Pendant la combustion, une partie de l'azote du combustible et de l'air s'oxyde en N_2O . La production de N_2O dépend de la température de combustion et de la technologie antipollution utilisée. Des recherches supplémentaires sont exigées pour mieux établir les coefficients d'émission de N_2O relatifs à de nombreux procédés de combustion. Les facteurs applicables à l'ensemble sont élaborés d'après les technologies typiques et les coefficients d'émission disponibles dans chaque cas. L'Annexe 6 renferme la liste des coefficients d'émission des gaz autres que le CO_2 utilisés dans le présent inventaire.

A3.1.4. Méthodologie pour les Sources de combustion fixes et les Transports

La présente section porte sur les méthodes utilisées pour calculer et déclarer les émissions associées au secteur de l'énergie, en particulier la combustion de sources fixes et le transport.

Les émissions de CO_2 issues des biocombustibles (y compris les gaz d'enfouissement) ne doivent pas être incluses dans le total du secteur de l'énergie conformément aux exigences de déclaration en vertu de la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Les émissions de CO_2 issues de la combustion de la biomasse sont plutôt comptabilisées dans le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) sous forme de perte de stocks de biomasse (forêts). Le CO_2 produit par la combustion de la biomasse à des fins énergétiques n'est indiqué qu'à titre informatif dans une note figurant dans les tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR) de la CCNUCC. Les émissions de CH_4 et de N_2O provenant de la combustion de la biomasse sont déclarées dans le secteur de l'énergie, selon les sous-catégories appropriées, et incluses dans les totaux établis pour l'inventaire.

A3.1.4.1. Sources de combustion fixes

La méthodologie employée pour estimer les émissions de GES produites par la combustion de sources fixes est conforme à la méthode sectorielle de niveau 2 du GIEC et aux directives sur les coefficients d'émission propres aux pays présentées dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). La méthodologie pour calculer les émissions de SF_6 issues des systèmes de transport de l'électricité est présentée à l'Annexe 3.3, dans la partie sur le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits.

Les émissions sont calculées à partir des données sur les activités déclarées à l'échelon national, sauf lorsque les coefficients d'émission sont disponibles au niveau des provinces et des territoires. Dans ces cas, le total national est le résultat de l'addition des émissions provinciales et territoriales.

Les émissions sont estimées uniquement au moyen de l'Équation A3.1–1.

Le Tableau A3.1–1 présente les sources des données sur les activités utilisées pour calculer les émissions avec le modèle de combustion des sources fixes. Les données sont fournies à ECCC sous forme électronique et peuvent différer légèrement de celles publiées par Statistique Canada, dont les valeurs sont arrondies.

La complexité du modèle de combustion fixe tient en grande partie à la difficulté de réaffecter les données présentées dans le BDEE annuel de manière à respecter les exigences relatives aux catégories du GIEC et les tableaux de déclaration du CUPR de la CCNUCC. De plus, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, la ventilation de l'ensemble des utilisations de tous les types de combustibles est fondée sur les groupes de combustible du CUPR (solides, liquides, gazeux, biomasse et autres) (voir le Tableau A4-2 à l'Annexe 4).

Production combinée de chaleur et d'électricité

Les données sur les activités, selon les combustibles utilisés par les services publics, sont actuellement regroupées dans deux lignes du sommaire dans le BDEE (Électricité par service public et Production de vapeur), qui représentent les installations de production d'électricité et de production combinée de chaleur et d'électricité. En outre, les déchets de bois et de lessive de pâte épuisée utilisés par les services publics sont attribués dans le Tableau 10 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie.

Étant donné que les données saisies à la ligne Électricité par service public (ligne 10 du BDEE) sont celles de l'enquête sur la CCCTEE, la réattribution utilisait les fractions établies selon les quantités déclarées par la sous-catégorie de la production d'électricité dans l'enquête sur la CCCTEE. Les données sur l'utilisation de combustible, par combustible et par province et territoire, déclarées dans cette enquête ainsi que la liste des installations de production combinée de chaleur et d'électricité (liste dressée par ECCC), sont utilisées pour établir la fraction d'utilisation totale de combustible de la production combinée de chaleur et d'électricité. Ces fractions sont ensuite combinées aux données de la ligne 10 du BDEE pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à la production combinée de chaleur et d'électricité. Le reste est attribué à la production d'électricité.

Tableau A3.1–1 **Références des données sur les activités utilisées par le modèle**

Statistique Canada. 1990. <i>Bulletin sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada</i> . Rapport annuel. N° 57-003-X au catalogue.
Statistique Canada. Tableau 25-10-0030-01 Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en unités. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510003001
Statistique Canada. Tableau 25-10-0031-01 Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie, annuel. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510003101
Statistique Canada. Tableau 25-10-0026-01 Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel, annuel. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510002601
Données pour le combustible résiduaire—D'après le CEEDC. Base de données du CEEDC sur les indicateurs d'énergie, de production et d'intensité pour l'industrie canadienne. Code 327310 – Fabrication du ciment du SCIAN. Canadians Energy and Emissions Data Centre (CEEDC).
Environnement et Changement climatique Canada. 2020. <i>Residential Fuelwood Consumption in Canada</i> (Consommation de bois de chauffage résidentiel). Rapport non publié. Préparé par J. Kay, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
Environnement et Changement climatique Canada. 2020. <i>Rapport d'inventaire national</i> (RIN). Section A3.6 : Méthodologie pour le secteur des déchets.

La répartition des données pour les déchets de bois et de lessive de pâte est décrite ci-après.

Électricité par industrie

Les données sur les activités, en termes de combustible utilisé par l'industrie (y compris le secteur Industries de raffinage du pétrole) pour produire de l'électricité ou de la vapeur, sont actuellement regroupées en deux lignes du sommaire dans le BDEE (Électricité par industrie et Production de vapeur). De plus, les données sur les déchets de bois et lessive de pâte utilisés par l'industrie sont attribuées au Tableau 10 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie.

La ligne Électricité par industrie (ligne 11 du BDEE) est remplie l'aide de données provenant de l'enquête sur la CCCTEE. La réattribution des valeurs de la ligne 11 du BDEE, de 1998 jusqu'à nos jours, utilisait les fractions établies selon les quantités déclarées par la sous-catégorie de la production d'électricité dans l'enquête sur la CCCTEE, comme suit :

- Les données sur la consommation de combustible, par combustible et par province et territoire, déclarées par l'industrie dans cette enquête pour la production d'électricité servent à établir la fraction de l'utilisation totale de combustible de chacune des industries.
- Ces fractions sont ensuite combinées aux données de la ligne 11 du BDEE pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie en particulier.
- Cette partie est ajoutée aux données sur les activités déjà déclarées par l'industrie.

La réattribution des valeurs de la ligne 11 du BDEE, de 1990 à 1997, utilisait les fractions établies à l'aide des quantités déclarées par la sous-catégorie de la production d'électricité dans l'enquête de la CIE, puisqu'il n'y a pas de données de l'enquête sur la CCCTEE avant 1998.

- Les données sur la consommation de combustible, par combustible et par province et territoire, déclarées par l'industrie dans l'enquête de la CIE pour la production d'électricité servent à établir la fraction de l'utilisation totale de combustible de chacune des industries.
- Ces fractions sont ensuite combinées aux données de la ligne 11 du BDEE pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie en particulière.
- Cette partie est ajoutée aux données sur les activités déjà déclarées par l'industrie.
- Comme il n'existait aucune donnée de la CIE avant 1995, on a utilisé les fractions de 1995 pour la période de 1990 à 1995.

Étant donné que les données saisies à la ligne Production de vapeur (ligne 14 du BDEE) sont celles de la CIE, la technique utilisée pour réattribuer les valeurs de la ligne 11 du BDEE entre 1990 et 1997 est aussi appliquée à celles de la ligne 14 (pour toutes les années) en utilisant les données de la CIE représentant la production de vapeur par les installations faisant partie de la sous-catégorie de production d'électricité.

La répartition des données pour les déchets de bois et de lessive de pâte épuisée est décrite ci-après.

Déchets solides de bois et lessive de pâte épuisée

Les données sur les activités, en matière de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, sont actuellement regroupées dans un tableau sommaire du BDEE (Tableau 10 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie).

Les données saisies au Tableau 10 du BDEE sont celles de l'enquête de la CIE. La technique utilisée pour réattribuer les valeurs de la ligne 11 du BDEE entre 1990 et 1997 est aussi appliquée aux valeurs du Tableau 10 (pour toutes les années) en utilisant les données de la CIE représentant la consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée par les installations faisant partie de la sous-catégorie Production d'électricité.

A3.1.4.1.1. Production d'électricité et de chaleur du secteur public (catégorie 1.A.1.a du CUPR)

La sous-catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public comprend : 1.A.1.a.i – Production d'électricité; 1.A.1.a.ii – Production combinée de chaleur et d'électricité; 1.A.1.iii – Installations thermiques. Cette sous-catégorie devrait inclure toutes les émissions des grands producteurs (auparavant désignés sous le nom de services publics) d'électricité et d'une combinaison de chaleur et d'électricité et des installations thermiques. Les émissions des producteurs autonomes sont attribuées à leurs sous-catégories industrielles respectives.

Les données sur les activités dans cette sous-catégorie sont saisies sur deux lignes du BDEE (une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur); cependant, il s'agit de lignes du sommaire et les données ne sont pas réparties selon la production d'électricité, la production combinée de chaleur et d'électricité et les installations thermiques. De plus, les données sur les activités, en matière de déchets de bois et de liquides résiduels, sont actuellement agrégées dans un tableau sommaire dans le BDEE (Tableau 10 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Les données agrégées doivent être réattribuées à la sous-catégorie dans laquelle le combustible est utilisé. La section A3.1.4.1 fournit des renseignements détaillés sur la méthode utilisée.

Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O sont estimées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission propres à chaque type de combustibles. Comme nous l'avons déjà mentionné, afin d'accroître la précision du calcul des émissions de GES, on applique des coefficients d'émission régionaux aux données provinciales et territoriales de cette nature, lorsqu'ils sont disponibles. Dans ce secteur, des coefficients d'émissions du charbon, du gaz naturel et du coke de pétrole ont été formulés sur une base régionale. Pour les autres types de combustibles, les coefficients d'émission sont appliqués aux données déclarées à l'échelle nationale.

Le Tableau A3.1–2 présente un résumé de la méthode utilisée pour la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public.

Tableau A3.1–2 Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public

Catégorie de source du CUPR ^a	Type de combustible ^b	Source de données		
		Publication ^c	Tableau	Ligne
1.A.1.a.i Production d'électricité	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par services ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.1.a.ii Production combinée d'électricité et de chaleur	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par services ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.1.a.iii Installations thermiques	I			

Notes :

I = Inexistant

a. Les catégories du CUPR indiquées sont les sous-catégories les plus petites dont on estime les émissions.

b. Comme indiqué dans GIEC (2006) (Volume 2, tableau 1.1.)

c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.

d. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source du CUPR avant le calcul des émissions.

A3.1.4.1.2. Raffinage du pétrole (catégorie 1.A.1.b du CUPR) et Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (catégorie 1.A.1.c du CUPR)

Pour satisfaire aux exigences de déclaration de la CCNUCC, les données sur les activités de la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques ont été réattribuées à deux sous-catégories distinctes du GIEC, qui englobent toutes deux les émissions associées à l'utilisation des combustibles produits aux installations (p. ex., combustion de charbon à une mine de charbon ou de gaz naturel à une installation pétrolière ou gazière) ainsi qu'à l'utilisation de combustibles achetés. Les émissions de combustion qui soutiennent la production de charbon sont attribuées à 1.A.1.c.i – Fabrication de combustibles solides, tandis que les émissions de combustion qui soutiennent la production de pétrole brut et de gaz naturel et la valorisation du bitume des sables bitumineux sont attribuées à 1.A.1.c.ii – Extraction de pétrole et de gaz.

La méthode employée pour estimer les émissions de ces sous-catégories consiste à appliquer l'Équation A3.1–1 à l'échelle nationale et à soustraire les émissions associées au torchage du total des émissions de GES pour le Raffinage du pétrole et l'Extraction de pétrole et de gaz. Les données sur l'utilisation des combustibles présentées dans le BDEE incluent les volumes de combustibles brûlés par torchage; toutefois, les émissions attribuables au torchage sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie des émissions fugitives. Pour éviter la double comptabilisation des émissions, les données sur la consommation de combustibles, la teneur énergétique et les émissions associées au torchage sont soustraites. Veuillez consulter l'Annexe 3.2.2.7 pour plus de détails.

Pour déterminer quelles données sur les activités sont associées à la sous-catégorie du raffinage du pétrole, il faut réattribuer certaines des données déclarées dans le BDEE à la ligne Autoconsommation. La sous-catégorie Raffinage du pétrole comprend tous les produits pétroliers raffinés déclarés comme étant consommés par les producteurs (autoconsommation), sauf dans les provinces où il n'y a pas de raffineries, et ces produits pétroliers raffinés consommés par les producteurs sont alors attribués à l'Extraction de pétrole et de gaz. Les quantités matérielles de gaz de pétrole liquéfiés (GPL) déclarées dans le BDEE en tant que consommation par les producteurs sont divisées entre le gaz propane et le gaz butane en fonction des données énergétiques déclarées dans le BDEE.

Le calcul des émissions associées aux combustibles énumérés ci-dessous se fait en additionnant les données sur les activités déclarées sous les rubriques Raffinage du pétrole et Consommation par les producteurs, et en appliquant l'Équation A3.1–1 au :

- coke de pétrole
- gaz de distillation
- kérosène
- mazout léger
- mazout lourd
- butane
- propane

En outre, les données sur les activités liées au combustible utilisé par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur sont actuellement agrégées à deux lignes du sommaire dans le BDEE (ligne 11 – Électricité par industrie, et ligne 14 – Production de vapeur). Les données regroupées doivent être réattribuées à l'industrie dans laquelle le combustible est utilisé. La réattribution fait appel à l'une des deux méthodes présentées à la section A3.1.4.1. En raison d'un manque de ventilation par industrie, dans la rubrique autoconsommation du BDEE, la sous-catégorie de la fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques n'inclut pas les émissions liées aux carburants utilisés à des fins de transport indiqués ci-dessous; ces émissions sont déclarées dans la sous-catégorie du raffinage du pétrole. De manière générale, pour la sous-catégorie du Raffinage du pétrole, les émissions provenant de la combustion de carburants de transport ci-après sont calculées à l'aide des données sur les activités déclarées dans le BDEE sous la rubrique autoconsommation et de l'Équation A3.1–1 :

- essence d'aviation
- carburéacteur
- diesel
- essence à moteur

Le calcul des émissions de N_2O issues du coke de pétrole et de l'essence à moteur est réalisé à l'aide des coefficients d'émission par défaut du GIEC, qui sont basés sur le pouvoir calorifique du combustible. Le pouvoir calorifique supérieur du coke de pétrole est indiqué dans le BDEE et peut changer selon l'année. Ainsi, les coefficients d'émission du coke de pétrole issu de la valorisation du bitume naturel et du raffinage du pétrole brut changent sur une base annuelle. Les coefficients de conversion entre le pouvoir calorifique supérieur et le pouvoir calorifique inférieur, une étape essentielle pour établir les coefficients d'émission annuels, sont fondés sur les données déclarées au Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CCDEE) (CCDEE, 2012) et publiées par ce dernier.

Pour calculer les émissions de GES des sous-catégories Fabrication des combustibles solides et Extraction de pétrole et de gaz, on a utilisé les données sur les activités associées aux combustibles énumérés ci-dessous et déclarées à la ligne Consommation du producteur et la partie applicable de la ligne Extraction Minière et de Pétrole et de Gaz du BDEE dans l'Équation A3.1-1 :

- gaz naturel
- charbon
- diesel
- propane
- butane
- coke de pétrole
- gaz de distillation
- mazout lourd

La rubrique Consommation par le producteur du BDEE inclut le coke de pétrole, le gaz de distillation et le diesel utilisés par les raffineries et par l'industrie de raffinage du bitume brut. Le tableau 11, Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut du BDEE, présente de l'information sur la proportion de combustible consommé par l'industrie du raffinage du pétrole brut. On se sert de ces renseignements pour attribuer les quantités pertinentes de coke de pétrole et de gaz de distillation à la sous-catégorie de l'extraction de pétrole et de gaz (catégorie 1.A.1.c.ii du CUPR). Le diesel déclaré en tant que consommation par les producteurs (autoconsommation) est utilisé par les camions servant à l'extraction de sables bitumineux et est redistribué dans la catégorie Autres moyens de transport (hors route) (voir la section A3.1.4.1.2).

La ligne du total pour l'Extraction minière et l'Extraction de pétrole et de gaz du BDEE comprend l'utilisation de combustibles aux mines de charbon, aux mines de produits non énergétiques (notamment l'extraction de métaux, de sable, de gravier et d'autres agrégats, extraction de potasse, extraction de diamants, etc.) et aux installations participant à la production de pétrole brut et de gaz naturel. Le niveau de précision du BDEE n'est pas suffisant pour distinguer les combustibles consommés dans les mines de charbon, les mines de produits non énergétiques et l'extraction de pétrole et de gaz pour les attribuer aux catégories du CUPR suivantes : Fabrication de combustibles solides (1.A.1.c.i), Exploitation minière (1.A.2.g.iii) et Extraction de pétrole et de gaz (1.A.1.c.ii). D'autres sources de données sont donc utilisées pour attribuer la consommation de combustibles aux bonnes catégories. L'utilisation de combustibles aux exploitations de houille est estimée à partir de données extraites de l'étude de la *Canadian Coal Mining Industry* (Cheminfo et Clearstone, 2014), tandis que la consommation de combustibles pour l'industrie minière de produits non énergétiques repose sur des données du CCDEE (CCDEE, s.d.; SCIAN 2122 et 2123). Comme l'industrie du pétrole et du gaz au Canada est la plus grande de ces trois industries, le reste des combustibles consommés dans la ligne du total pour l'Extraction minière et l'Extraction de pétrole et de gaz après soustraction de la consommation de combustibles pour l'exploitation de houille et l'extraction de produits non énergétiques est attribué à l'Extraction de pétrole et de gaz. Pour des explications plus détaillées sur la procédure d'attribution, veuillez consulter l'Annexe 10 – Réattribution des émissions des secteurs du GIEC aux secteurs économiques canadiens.

Comme il a été mentionné dans la section A3.1.4.1.1, les émissions nationales attribuables au charbon sont établies à partir des estimations provinciales et territoriales regroupées.

Tableau A3.1–3 **Méthodes d'estimation des émissions dans les catégories Raffinage du pétrole, Fabrication de combustibles solides et Extraction de pétrole et de gaz**

Catégorie de source du CUPR ^a	Type de combustible ^b	Source de données		
		Publication ^c	Tableau	Ligne
1.A.1.b. Raffinage du pétrole	Combustibles solides	S.O.		
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
			11 – Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	S.O.
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d Fabrication de produits raffinés du pétrole
	Biomasse	S.O.		
1.A.1.c.i Fabrication de combustibles solides	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Autoconsommation Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz ^e
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	S.O.		
1.A.1.c.ii Extraction de pétrole et de gaz	Combustibles solides	S.O.		
	Combustibles liquides	BDEE	1 – Produits pétroliers raffinés 6 – Détails des liquides de gaz naturel	Énergie électrique par industries ^d Autoconsommation Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz ^f
			11 – Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	S.O.
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	Énergie électrique par industries ^d Autoconsommation Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz
	Biomasse	S.O.		

Notes :

S.O. = sans objet (agrégation nationale uniquement)^a

a. Les catégories du CUPR indiquées sont les sous-catégories les plus petites dont on estime les émissions.

b. Comme décrit dans GIEC (2006) (Volume 2, tableau 1.1.)

c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.

d. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source du CUPR avant le calcul des émissions.

e. La partie du combustible consommé dans les exploitations houillères est attribuée à cette catégorie du CUPR.

f. La partie du combustible consommé dans les installations d'extraction de pétrole et de gaz est attribuée à cette catégorie du CUPR.

Le Tableau A3.1–3 présente un résumé de la méthode utilisée pour cette catégorie du CUPR.

A3.1.4.1.3. Industries manufacturières et construction (catégorie 1.A.2 du CUPR)

La catégorie Industries manufacturières et construction inclut plusieurs catégories industrielles. Les données sur les activités indiquées dans le BDEE sont déclarées pour les grandes catégories d'activité économique et industrielle de consommation de combustibles, mais elles n'incluent pas le combustible utilisé par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur. Ces données sont indiquées à deux lignes différentes du sommaire dans le BDEE (l'une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur), lesquelles ne sont pas ventilées par sous-secteurs industriels. De plus, des données sur les activités, en matière de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, sont actuellement agrégées à un tableau sommaire dans le BDEE (Tableau 10 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Les données agrégées doivent être réattribuées à l'industrie dans laquelle le combustible est utilisé. Cette méthode de réattribution est décrite en détail à la section A3.1.4.1.

Les émissions sont calculées pour les catégories suivantes :

- exploitation minière
- sidérurgie
- métaux non ferreux
- produits chimiques
- pâtes et papiers et imprimerie
- minerais non métalliques
- construction
- autres industries manufacturières (y compris Transformation des aliments, boissons et tabac)

Les émissions de GES de la catégorie Industries manufacturières et construction sont calculées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités qui sont publiées dans le BDEE et aux coefficients d'émission correspondant à chaque type de combustible (comme présenté à la section A6.1). La section A3.1.4.1.1 comprend une description de la manière dont sont traitées les émissions attribuables au charbon. Les émissions issues des combustibles utilisés comme matières premières sont déclarées dans le secteur des Procédés industriels et utilisation des produits, alors que celles générées par l'utilisation de carburants de transport (p. ex., diesel et essence) sont déclarées dans la catégorie Transports.

Toutes les émissions attribuables à la fabrication et à l'utilisation de coke métallurgique par l'industrie sidérurgique pour la réduction des oxydes de fer du minerai dans les hauts-fourneaux ont été attribuées au secteur des Procédés industriels et utilisation des produits.

La consommation industrielle de biomasse et de lessive de pâte épuisée est déclarée dans le BDEE, mais certaines données sont limitées. Les données du BDEE pour Terre-Neuve-et-Labrador et la Nouvelle-Écosse ont été combinées. Des données recueillies au niveau des installations sont utilisées pour réattribuer cette consommation à la Nouvelle-Écosse.

Comme on l'a décrit dans la section A3.1.4.1.2, la ligne du total de consommation de combustibles pour l'Extraction minière et l'Extraction de pétrole et de gaz du BDEE aux mines de charbon, aux mines de produits non énergétiques (notamment l'extraction de métaux, de sable, de gravier et d'autres agrégats, extraction de potasse, extraction de diamants, etc.) et aux installations participant à la production de pétrole brut et de gaz naturel. Le niveau de précision du BDEE n'est pas suffisant pour distinguer les combustibles utilisés dans les mines de charbon, les mines de produits non énergétiques et l'extraction de pétrole et de gaz pour les attribuer à la Fabrication de combustibles solides (1.A.1.c.i), à l'Exploitation minière (1.A.2.g.iii) et à l'Extraction de pétrole et de gaz (1.A.1.c.ii), respectivement. D'autres sources de données sont donc utilisées pour attribuer la consommation de combustibles aux bonnes catégories. La consommation de combustibles pour l'industrie minière de produits non énergétiques repose sur des données du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CCDEE, s.d.; SCIAN 2122 et 2123). Pour des explications plus détaillées sur la procédure d'attribution, veuillez consulter l'Annexe 10 – Réattribution des émissions des secteurs du GIEC aux secteurs économiques canadiens.

La catégorie Autres industries manufacturières comprend également les émissions de GES associées à la combustion de déchets à des fins énergétiques. Une partie des déchets est considérée comme biogène, de sorte que les émissions de CO₂ associées à la combustion de cette partie sont déclarées, mais non incluses dans le total national. Les émissions de CO₂ associées à la combustion de la partie non biogène ainsi que les émissions totales de CH₄ et de N₂O sont incluses dans le total national.

Les émissions de CO₂ attribuables à l'utilisation de combustibles résiduels dans l'industrie du ciment sont calculées à l'aide des données fournies par l'ACC et déclarées par le CCDEE (2013) en unités énergétiques. Le Tableau A3.1–4 présente un résumé de la méthode utilisée pour la catégorie Produits minéraux non métalliques.

Tableau A3.1–4 **Méthodes d'estimation des émissions pour la catégorie Industries manufacturières et Construction**

Catégorie de source du CUPR ^a	Type de combustible ^b	Source de données		
		Publication ^c	Tableau	Ligne
1.A.2.a. Sidérurgie	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Fabrication de fer et acier
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.2.b. Métaux non ferreux	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Fabrication d'aluminium et métaux non ferreux
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.2.c. Produits chimiques	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Fabrication de produits chimiques et engrais
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.2.d. Pâtes, papier et imprimerie	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Fabrication de pâtes et papiers
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.2.e. Transformation des aliments, boissons et tabac	Les émissions de cette sous-catégorie sont comprises dans 1.A.2.g.viii.1. Autres industries manufacturières.			
1.A.2.f. Minerais non métalliques	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d Ciment
		Données sur le combustible résiduaire du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CCDEE)		
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Énergie électrique par industries ^d
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	Production de vapeur ^d Ciment
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
1.A.2.g.iii Exploitation minière	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Total de l'extraction minière et de pétrole et de gaz ^f
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	S.O.	
1.A.2.g.v Construction	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Construction
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	S.O.	
1.A.2.g.viii.1 Autres industries manufacturières	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Production de vapeur ^d
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Autres industries manufacturières
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Autres combustibles fossiles	RIN	Tableau A3.1–6 ^e	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
		RIN	Tableau A3.6-13 ^e	

Notes :

S.O. = sans objet (agrégation nationale uniquement)

a. Les catégories du CUPR indiquées sont les sous-catégories les plus petites dont les émissions sont estimées.

b. Comme décrit dans GIEC (2006) (Volume 2, tableau 1.1.).

c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.

d. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source du CUPR avant le calcul des émissions.

e. La partie non biogène de l'incinération des DSM est incluse dans Autres combustibles fossiles et la partie biogène est ajoutée à la biomasse.

f. La partie de combustible consommée des exploitations de minéraux non énergétiques est attribuée à cette catégorie du CUPR.

A3.1.4.1.4. Autres secteurs (catégorie 1.A.4 du CUPR)

La catégorie Autres secteurs comprend trois sous-catégories : Commercial et institutionnel, Résidentiel, et Agriculture, foresterie et pêches. On calcule les émissions de GES associées à cette catégorie (à l'exception des émissions de la combustion de bois de chauffage résidentiel) en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités déclarées dans le BDEE et aux coefficients d'émission correspondant à chaque type de combustible (voir l'Annexe 6.1).

Les données sur les activités utilisées dans le calcul des émissions de GES de la combustion de bois de chauffage résidentiel sont fondées sur une estimation de l'utilisation de combustible, déterminée à la lumière de l'étude *Residential Fuelwood Consumption in Canada* (ECCC, 2020). Les données sur la consommation de bois de chauffage ont été obtenues dans le cadre d'une enquête menée sur l'utilisation du bois de chauffage résidentiel pour les années 1997, 2003, 2007, 2015, 2017 et 2019 (Statistique Canada, 1997, 2003, 2007, 2015a, 2017, 2019). Les données sur la consommation de granules de bois et de bûches artificielles ont été recueillies pour les années 1996, 2006, 2012, 2017 et 2019 (Réalités canadiennes, 1997; TNS, 2006; TNS, 2012; Statistique Canada, 2017, 2019). Ces données ont été recueillies par province et regroupées selon huit grandes catégories d'appareils :

- foyers
- foyers encastrables
- poêles à bois
- chaudières à bois
- poêles à granules
- radiateur hydronique
- chauffe-eau
- autres appareils

Certains de ces types d'appareils ont été subdivisés selon qu'ils font appel à une technologie évoluée (catalytique ou non catalytique) ou à une technique classique (hermétiques ou non hermétiques).

Les enquêtes de 2017 et de 2019 ont également recueilli des données sur le type de bois utilisé par unité de rapprochement et la teneur en humidité du bois. La section A3.5.1 décrit les limites des unités de rapprochement en détail. Comme les données sur la consommation de bois de chauffage ont été obtenues en volume, une valeur de densité moyenne par unité de rapprochement a été déterminée, en se basant sur la proportion relative des différents types de bois employés, et sur les densités correspondantes et la teneur en humidité du bois. Les densités de bois proviennent de diverses études canadiennes sur les densités de bois (Alemdag, 1984; Gonzalez, 1990; Jessome, 2000). Le rapport du bois utilisé, par unité de rapprochement, et la teneur en humidité du bois comparativement à la consommation totale de bois de chauffage dans la province, ont été appliqués à toutes les enquêtes. Les données de consommation des granules de bois et de bûches artificielles ont été recueillies selon la masse.

La quantité de biomasse consommée pour les autres années a été interpolée et extrapolée à l'aide du nombre de degrés-jours de chauffage dans chaque province durant les années d'enquête. Les émissions de GES ont été calculées en multipliant la quantité de biomasse brûlée dans chaque appareil par un coefficient d'émission approprié.

Les émissions de CO₂ provenant de la combustion de biomasse dans la catégorie Résidentiel sont déclarées, mais pas incluses dans le total national. Cependant, les émissions de CH₄ et de N₂O sont incluses.

La catégorie Commercial et institutionnel inclut les émissions de GES associées à la combustion de gaz d'enfouissement. Le gaz d'enfouissement étant considéré comme un biocarburant, les émissions de CO₂ issues de la combustion sont déclarées, mais elles ne sont pas incluses dans le total national. Cependant, les émissions de CH₄ et de N₂O sont incluses.

La catégorie Commercial et institutionnel comprend également les émissions de GES associées à la combustion de déchets à des fins énergétiques. Une partie des déchets est biogène, et les émissions de CO₂ associées à la combustion de cette partie sont déclarées, mais non incluses dans le total national. Les émissions de CO₂ associées à la combustion de la partie non biogène, ainsi que les émissions totales de CH₄ et de N₂O, sont incluses.

En outre, les données sur les activités, en matière de combustible utilisé par l'industrie (y compris la catégorie Commercial et institutionnel) pour produire de l'électricité, sont actuellement agrégées à une ligne du sommaire dans le BDEE (ligne 11 – Électricité par l'industrie). Des données sur les activités, en matière de déchets de bois et de liqueurs résiduelles, sont actuellement agrégées à un tableau sommaire dans le BDEE (Tableau 10 – Consommation de déchets de bois et de lessive de pâte épuisée pour la production d'énergie). Les données agrégées sur l'utilisation des combustibles doivent être réattribuées à la sous-catégorie appropriée. La méthode de réattribution est décrite à la section A3.1.4.1.

La catégorie Agriculture, foresterie et pêches (catégorie 1.A.4.c du CUPR) inclut seulement les émissions des sources fixes des industries agricoles et forestières. Les émissions proviennent de l'exploitation de la machinerie sur place et du chauffage des installations et sont estimées à l'aide des données sur l'utilisation de combustibles par l'agriculture et la

Tableau A3.1–5 **Méthodes d'estimation des émissions dans la catégorie Autres secteurs**

Catégorie de source du CUPR ^a	Type de combustible ^b	Source de données		
		Publication ^c	Tableau	Ligne
1.A.4.a.i Commercial et institutionnel – combustion fixe	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industries ^d Commerces et autres institutions Administrations publiques
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Autres combustibles fossiles	RIN	Tableau A3.6-13*	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	
		RIN	Tableau A3.6-13*	
		RIN	Tableau A3.6-6	
1.A.4.b.i Résidentiel – Combustion fixe	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Résidentiel
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	Résidentiel
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	Résidentiel
	Biomasse	Estimation fondée sur le modèle de consommation résidentielle de bois de chauffage d'Environnement Canada		
1.A.4.c.i Agriculture/foresterie/ pêche – Combustion fixe	Combustibles solides	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire Détails sur le charbon (non publié)	Énergie électrique par industrie ^d Production de vapeur ^d Foresterie et exploitation forestière et activités de soutien à la foresterie Agriculture
	Combustibles liquides	BDEE	3 – Produits pétroliers raffinés	
	Combustibles gazeux	BDEE	1 – Énergie primaire et secondaire 6 – Détails des liquides de gaz naturel	
	Biomasse	BDEE	10 – Déchets de bois et de lessive de pâte épuisée, consommation totale ^d	

Notes :

- a. Les catégories du CUPR indiquées sont les sous-catégories les plus petites dont on estime les émissions.
b. Comme décrit dans GIEC (2006) (Volume 2, tableau 1.1.)
c. Les références des publications sont fournies au Tableau A3.1–1.
d. Une partie de cette source de données est attribuée à cette catégorie de source du CUPR avant le calcul des émissions.
e. La partie non biogène de l'incinération des DSM est incluse dans Autres combustibles fossiles, et la partie biogène est ajoutée à la biomasse.

foresterie déclarées dans le BDEE. Les émissions issues des pêches sont déclarées dans la catégorie Transports ou dans la catégorie Autres industries manufacturières (c.-à-d. la transformation des aliments). Les émissions des sources mobiles qui se rattachent à cette catégorie ne sont pas ventilées et sont toutes incluses dans la sous-catégorie du transport hors route ou du transport maritime de la catégorie Transports.

Le Tableau A3.1–5 présente un résumé de la méthode utilisée pour cette catégorie du CUPR.

A3.1.4.2. **Transports (catégorie 1.A.3 du CUPR)**

Les émissions de GES de la catégorie Transports sont réparties en six sous-catégories :

- transport aérien intérieur
- transport routier
- transport ferroviaire
- transport maritime intérieur
- autres moyens de transport (transport par pipeline)
- autres moyens de transport (hors route)

Les estimations sont établies à l'échelle provinciale et territoriale, puis elles sont regroupées à l'échelle nationale. Les émissions issues de l'utilisation de combustibles associées à la catégorie Transports sont calculées au moyen de diverses variantes de l'Équation A3.1–1.

Les émissions de CO₂ dépendent surtout du type et des caractéristiques du carburant utilisé, alors que celles de N₂O et de CH₄ sont imputables au type de carburant et aux technologies antipollution utilisées. On trouvera à l'Annexe 6 la liste complète des coefficients d'émission liés aux transports accompagnés de leurs références.

En ce qui concerne les catégories Transports routiers et Autres moyens de transport (hors route), le Canada utilise la version MOVES3 du modèle des émissions des véhicules à moteur (MOVES), mis au point par l'*Environmental Protection Agency* des États-Unis (U.S. EPA) et une version modifiée du modèle NONROAD de l'U.S. EPA, le NONROAD2012c. Ces mises à niveau ont eu lieu principalement pour correspondre aux changements réglementaires pertinents au parc de véhicules canadien, lesquels sont harmonisés à ceux des États-Unis, pour aligner les estimations de GES sur celles publiées dans le *Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada 1990-2021* et le *Rapport d'inventaire de carbone noir du Canada 2013-2021*, de même que pour créer un inventaire ascendant des émissions hors route en se servant des données sur l'équipement et des données opérationnelles. Un autre avantage du modèle NONROAD est qu'on peut attribuer des émissions à des sous-secteurs économiques additionnels en se fondant sur l'équipement. Par conséquent, dans le système de classification du CUPR, certaines émissions qui ont été antérieurement déclarées dans les catégories 1.A.3 sont réattribuées aux catégories 1.A.2 et 1.A.4. Le modèle des émissions de GES de l'aviation du Canada (MEGES) est utilisé pour calculer les émissions de l'aviation. L'Outil d'inventaire des émissions des navires (OIN) est utilisé pour calculer les émissions attribuables au transport maritime. Les émissions attribuables au transport ferroviaire sont dérivées du combustible déclaré dans le BDEE. Les émissions de combustion provenant du transport par pipeline sont estimées séparément.

A3.1.4.2.1. **Transport routier (catégorie 1.A.3.b.i-v du CUPR) et Autres moyens de transport (hors route) (catégories 1.A.2.g.vii, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii et 1.A.4.c.ii du CUPR)**

Les émissions de GES attribuables au Transport routier et aux Autres moyens de transport (hors route) sont calculées au moyen d'une méthode de niveau 3 détaillée du GIEC. Puisque ces deux catégories sont collectivement standardisées pour le combustible disponible tel que déclaré dans le BDEE, une méthode combinée pour ces deux catégories est décrite ci-dessous.

Étape 1 – Données sur les activités sur route : populations de véhicules, pénétration de la technologie, taux d'accumulation de kilomètres, taux de consommation du carburant et biocarburants

Parcs de véhicules

Les véhicules sont répartis en différentes classes en fonction du type de carburant utilisé, du type de carrosserie (voiture ou camion) et du poids nominal brut du véhicule (PNBV). Le PNBV est le poids maximal autorisé d'un véhicule routier pleinement chargé, et comprend le poids du véhicule, avec le carburant, les passagers, la cargaison, et d'autres objets divers, y compris les accessoires en option. Les véhicules légers (voitures) et les camions légers (camionnettes, fourgonnettes, VUS, etc.) ont un PNBV inférieur ou égal à 3 900 kg, et les véhicules lourds un PNBV supérieur à 3 900 kg.

Quatre sources de données distinctes servent à dresser le profil détaillé du parc automobile. La taille des parcs de véhicules pour la période de 1990 à 2019 est tirée des bases de données d'immatriculation annuelle des véhicules de Statistique Canada (2015b, 2020). La répartition de ces véhicules dans les différentes classes a été réalisée au moyen des données sur les parcs de véhicules légers, obtenues de la firme DesRosiers Automotive Consultants Inc, et sur les parcs de véhicules lourds, obtenues de la firme R. L. Polk & Co. Les parcs de véhicules de 2020 et de 2021 ont été estimés à partir des taux de mise à la ferraille et de croissance, lesquels découlent des mêmes sources de données.

Pénétration de la technologie

Pour tenir compte des effets qu'ont les technologies antipollution sur les taux d'émissions de CH₄ et de N₂O, on a estimé le nombre de véhicules en service équipés de convertisseurs catalytiques et d'autres dispositifs antipollution. La grande majorité des véhicules routiers utilisés en 2021 sont assujettis aux normes réglementaires de niveau 2 et de niveau 3, ce qui représente environ toutes les années modèles à partir de 2004. Cependant, comme une série chronologique débutant en 1990 est estimée pour le Rapport d'inventaire national et compte tenu du fait que l'on retrouve toujours dans le parc un nombre peu élevé de véhicules des années modèles préalables à 1996, des taux d'émissions des technologies additionnels sont également utilisés pour les coefficients d'émissions du CH₄ et du N₂O. Les technologies antipollution vont des véhicules sans dispositifs aux véhicules devant respecter les normes réglementaires de niveau 1. Dans un même ordre d'idée, à partir de l'année modèle 1996, les véhicules lourds à essence, les véhicules lourds à moteur diesel et les motos sont équipés de dispositifs antipollution perfectionnés. Des coefficients d'émission pour les véhicules sans dispositif et/ou équipés de dispositifs de réduction modérée sont utilisés pour les années modèles 1995 et antérieures. Les coefficients d'émission du CH₄ et du N₂O pour l'ensemble des technologies antipollution sont énumérés à l'Annexe 6.

Taux de consommation de carburant

Dans MOVES3, les taux de consommation de carburant sont incorporés au modèle sous la forme de taux d'énergie en kilojoules par seconde (kJ/s). Ces taux varient, car ils prennent en compte un éventail de paramètres par défaut ou de données d'utilisateurs, comme la classe de véhicule et l'année modèle, la vitesse, le type de chaussée et le mode opérationnel. Comme les marchés canadiens et américains sont quasiment identiques en raison de la réglementation, on est d'avis que les taux d'énergie de MOVES sont représentatifs de la consommation de carburant des véhicules canadiens.

MOVES tient également compte de certains facteurs liés à la réglementation plus récente sur le rendement du carburant, comme le *Règlement sur les émissions des véhicules routiers* et de leurs moteurs pour les véhicules légers et le *Règlement sur les émissions de gaz à effet de serre des véhicules lourds et de leurs moteurs* pour les véhicules lourds. Le site de l'U.S. EPA contient des renseignements supplémentaires sur les taux d'énergie de MOVES pour les véhicules légers et lourds, à l'adresse : <https://www.epa.gov/moves/moves-technical-reports>.

Pour ce rapport, le Canada utilise seulement la fonction d'attribution de l'énergie de MOVES. Les extrants dans MOVES sont fondés sur l'énergie, et les coefficients d'émission actuels du Canada sont établis sur la base du volume de carburant. Les données sur l'énergie de MOVES sont donc converties en volume de carburant au moyen des facteurs de conversion énergétique indiqués dans *Updated CO₂ Emission Factors for Gasoline and Diesel Fuel* (ECCC, 2017b), et en tenant compte de l'utilisation de biocarburants (voir ci-dessous). Le modèle MOVES calcule la production d'énergie en se fondant sur un pouvoir calorifique inférieur. Le Canada prévoit d'examiner les coefficients d'émissions de GES dans MOVES en vue de potentiellement les utiliser dans un prochain rapport.

Taux d'accumulation de kilométrage

Les taux d'accumulation de kilométrage (TAK) sont une mesure du kilométrage annuel moyen effectué par un véhicule d'un âge donné et d'une classe particulière. On estime les TAK des véhicules et des camions légers à partir des résultats d'une étude portant sur l'écart observé entre les lectures d'odomètres de ce type de véhicules, prises lors des essais d'inspection et d'entretien successifs effectués en Ontario et en Colombie-Britannique (550572 BC Ltd, 2021). Comme les autres administrations ne disposent pas d'un programme d'inspection et d'entretien, les données sur les TAK de l'Ontario sont utilisées pour les provinces et les territoires du Canada, à l'exception de la Colombie-Britannique où l'on applique directement les estimations des TAK de la province.

Biocarburants

Il faut saisir dans le modèle MOVES3 la teneur en biocarburant sur la base de la teneur relative (pourcentage), ainsi qu'un éventail d'autres caractéristiques du carburant, comme la pression de vapeur, la teneur en soufre et la teneur en benzène. Ces paramètres sont calculés par ECCC à partir de l'information recueillie en vertu du *Règlement sur les carburants renouvelables*, des renseignements extraits des rapports sur la teneur en soufre des combustibles liquides et provenant de sources connexes. Toutefois, les volumes de biocarburants sont recalculés en tant que production, de sorte que les émissions puissent être estimées en sélectionnant les coefficients d'émission appropriés à l'Annexe 6 et en utilisant l'Équation A3.1–1.

Étape 2 : Calcul de la consommation de carburant par les véhicules routiers

Au moyen des données recueillies à l'étape 1, on estime la consommation de carburant des véhicules routiers en convertissant en litres de carburant les données sur l'énergie issues du modèle MOVES3. Ce calcul constitue le premier calcul « ascendant » de la consommation de carburant à prendre en compte dans le processus de normalisation du carburant décrit ci-dessous. Les véhicules routiers sont regroupés en huit catégories principales :

- véhicules légers à essence
- camions légers à essence
- véhicules lourds à essence
- motocyclettes
- véhicules légers à moteur diesel
- camions légers à moteur diesel
- camions lourds à moteur diesel
- véhicules au propane et au gaz naturel

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

Les émissions de GES pour le transport hors route sont calculées à l'aide de NONROAD2012c, une version plus récente et adaptée au Canada du modèle NONROAD2008 mis au point par le U.S. EPA. Les intrants principaux du modèle sont des données sur l'équipement, la puissance nominale moyenne, le facteur de charge et l'activité (en heures/année). De plus, au nombre des modifications apportées par le Canada au modèle NONROAD, on compte la répartition selon l'âge de l'équipement en tant que paramètre défini par l'utilisateur, qui n'est pas dans le modèle américain, ainsi qu'un code unique pour l'équipement des sables bitumineux, et des capacités additionnelles pour les carburants renouvelables. Comme extension au modèle, des résultats sur la combustion des huiles de lubrification dans les moteurs à deux temps ont été déterminés à partir des rapports huile-essence propres aux années de modèle (Oak Leaf Environmental Inc, 2019). Les résultats obtenus à l'aide du modèle NONROAD sont exprimés sur la base du volume de carburant, auquel on applique l'Équation A3.1–1 avec les coefficients d'émissions de l'Annexe 6.

Les renseignements sur les parcs d'équipement proviennent des données de Power Systems Research (PSR). PSR est un fournisseur de données indépendant qui tient à jour PartsLink, une base de données complète qui couvre aussi l'équipement hors route utilisé au Canada, et qui comprend notamment des renseignements sur l'année de fabrication, le carburant utilisé et la taille du moteur. Les parcs d'équipement de construction utilisés dans l'exploitation des sables bitumineux ont été cernés au moyen d'une base de données sur l'équipement d'exploitation minière fournie par The Parker Bay Company (ECCC, 2018a).

La source des données sur l'activité de l'équipement, sous la forme du nombre d'heures de fonctionnement par année et d'un facteur de charge du moteur, est en grande partie une importante étude menée par PSR en 2011. Lorsque c'était possible, le paramètre fourni du nombre d'heures d'utilisation par année a été remplacé par des données propres au Canada recueillies dans les marchés de la revente. À titre d'exemple, les données sur les activités tirées de près de 2 000 annonces de motoneiges usagées ont été utilisées pour obtenir des données sur les heures d'utilisation par année selon le temps moteur (ECCC, 2018b).

Au contraire de MOVES, dont les extrants sont basés sur l'énergie, le modèle NONROAD calcule la consommation de carburant en se basant sur le volume, qu'il met ensuite à l'échelle vers le haut ou vers le bas lors de l'étape de normalisation (l'étape 4), après que les biocarburants ont été pris en compte.

Un des grands avantages du modèle NONROAD est sa capacité à attribuer des émissions à des secteurs distincts sur la base de l'équipement. Les secteurs primaires du modèle NONROAD sont l'agriculture, le secteur aéroportuaire (équipement), le secteur commercial, la construction et l'exploitation minière, le secteur industriel, le secteur résidentiel, la foresterie, les chemins de fer (équipement) et l'équipement de loisirs. Lorsqu'il y a lieu, les émissions provenant de ces secteurs sont déclarées dans le secteur approprié du CUPR.

Étape 4 : Normalisation

Dans le but d'atténuer certaines incertitudes associées aux calculs ascendants distincts des estimations relatives aux véhicules routiers et hors route, les estimations de la consommation de carburant pour ces deux sous-secteurs sont combinées et opposées à des données descendantes sur la quantité de carburant disponible. La source de données pour l'estimation descendante de la quantité de carburant disponible à laquelle l'estimation ascendante de la consommation de carburant doit être comparée est le BDEE (Statistique Canada, 1990–).

Statistique Canada a précisé que les volumes d'essence et de diesel figurant dans le BDEE comprenaient l'éthanol et le biodiesel, respectivement. Les volumes estimés d'éthanol et de diesel ont donc été retirés des volumes d'essence et de diesel déclarés. Par conséquent, pour comparer les volumes totaux d'essence et de diesel du BDEE à ceux du CUPR, on doit se rappeler qu'il faut additionner les volumes d'éthanol du CUPR à ceux d'essence, et les volumes de biodiesel du CUPR à ceux de diesel pour obtenir des valeurs égales à celles du BDEE.

À l'étape 4, les estimations ascendantes de la consommation de carburant pour les véhicules routiers et hors route sont mises à l'échelle, par catégorie de carburant, pour correspondre aux quantités de carburant disponible indiquées dans le BDEE, à l'échelle des provinces et des territoires. Cependant, la méthode de mise à l'échelle varie d'un type de carburant à l'autre.

Dans le cas de l'essence et du diesel, les estimations ascendantes de la consommation de carburant sont groupées selon que le carburant est présumé provenir de pompes de vente au détail ou non, alors que les carburants déclarés au BDEE sont groupés selon que la catégorie déclarée est présumée exclure le transport hors site ou non. Le groupe d'estimations ascendantes de la consommation dont la provenance présumée est principalement la vente au détail est mis à l'échelle pour correspondre au groupe du BDEE présumé inclure le transport hors site. Le groupe d'estimations ascendantes de la consommation présumé provenir d'autres sources que la vente au détail est quant à lui mis à l'échelle pour correspondre au groupe du BDEE présumé exclure le transport hors site. La définition des groupes ascendants s'est appuyée sur l'application d'un moteur modélisé, alors que la définition des groupes de carburants du BDEE s'est appuyée sur le guide de déclaration de l'Enquête annuelle sur l'utilisation finale des produits pétroliers raffinés de Statistique Canada, une enquête cruciale qui alimente le BDEE.

Pour le propane et le gaz naturel, les estimations ascendantes pour la consommation de combustibles sont regroupées par combustible au niveau provincial et territorial, et le volume total de combustible est mis à l'échelle pour correspondre au combustible disponible tel qu'indiqué dans le BDEE.

À l'échelle provinciale, les estimations descendantes et ascendantes de la consommation diffèrent, mais, à l'échelle nationale, le degré de correspondance entre les deux estimations est plus élevé. En ce qui concerne les véhicules routiers, le degré de correspondance est élevé pour la majorité des séries chronologiques, alors que dans le cas des véhicules hors route, le degré de correspondance est faible pour la majorité des séries chronologiques. Ces divergences sont attribuables à des différences dans la qualité des données qui alimentent le modèle utilisé pour produire les estimations ascendantes; la

qualité des données sur les véhicules hors route est relativement faible en comparaison de celles sur les véhicules routiers. Veuillez vous référer aux tableaux A3.1–6 et A3.1–7 pour les facteurs de normalisation calculés pour les véhicules routiers et hors route au niveau national, pour l'essence et le diesel, respectivement.

Tableau A3.1–6 Valeurs de normalisation pour l'essence, certaines années

Catégorie	Statistiques	1990	2005	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Données brutes	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules routiers (ML)	37 585	36 280	42 683	42 583	42 325	42 206	41 914	34 176	35 463
	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules hors route (ML)	821	3 365	3 312	3 349	3 339	3 295	3 245	3 240	3 169
	Estimation ascendante de la consommation totale de carburant (ML)	38 405	39 646	45 995	45 932	45 664	45 500	45 159	37 417	38 632
Cibles	Estimation descendante de la quantité totale de carburant disponible (ML)	33 943	40 868	44 423	46 046	46 393	46 951	47 532	40 019	41 364
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules routiers (%)	81	99	93	96	97	99	101	103	102
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules hors route (%)	442	151	149	159	159	159	161	150	160
Mises à l'échelle	Estimation finale du carburant des véhicules routiers (ML)	30 314	35 789	39 483	40 729	41 091	41 705	42 302	35 149	36 297
	Estimation finale du carburant des véhicules hors route (ML)	3 629	5 079	4 940	5 316	5 302	5 245	5 231	4 870	5 067
	Somme de l'estimation finale de la consommation de carburant des véhicules routiers et hors route (ML)	33 943	40 868	44 423	46 046	46 393	46 951	47 532	40 019	41 364

Tableau A3.1–7 Valeurs de normalisation pour le carburant diesel, certaines années

Catégorie	Statistiques	1990	2005	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Données brutes	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules routiers (ML)	9 508	11 683	16 713	16 476	16 406	16 451	16 277	14 941	15 219
	Estimation ascendante de la consommation de carburant des véhicules hors route (ML)	1 578	5 959	8 690	8 783	8 869	8 987	9 031	8 930	8 864
	Estimation ascendante de la consommation totale de carburant (ML)	11 086	17 642	25 403	25 259	25 275	25 438	25 308	23 871	24 083
Cibles	Estimation descendante de la quantité totale de carburant disponible (ML)	13 188	22 785	26 724	25 521	27 296	28 593	28 316	24 870	26 255
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules routiers (%)	66	112	93	87	89	92	91	85	91
	Facteur de mise à l'échelle nationale des véhicules hors route (%)	439	162	129	126	143	150	150	136	140
Mises à l'échelle	Estimation finale du carburant des véhicules routiers (ML)	6 262	13 136	15 539	14 411	14 571	15 137	14 752	12 768	13 805
	Estimation finale du carburant des véhicules hors route (ML)	6 926	9 649	11 186	11 110	12 726	13 456	13 563	12 102	12 450
	Somme de l'estimation finale de la consommation de carburant des véhicules routiers et hors route (ML)	13 188	22 785	26 724	25 521	27 296	28 593	28 316	24 870	26 255

Étape 5 : Calcul des émissions

Une fois que l'attribution finale du carburant est finie pour toutes les classes de véhicules et tous les types d'équipement, on calcule les émissions au moyen de l'Équation A3.1–1 avec les coefficients d'émission indiqués à l'Annexe 6.

A3.1.4.2.2. **Transport aérien intérieur (catégorie 1.A.3.a du CUPR)**

Les émissions de GES de la catégorie Transport aérien intérieur sont calculées au moyen d'une variante de la méthode de niveau 3 du GIEC. On désigne le modèle de l'aviation par l'acronyme MEGESA pour modèle des émissions de GES de l'aviation.

Cette catégorie comprend toutes les émissions de GES issues du transport aérien intérieur (commercial, privé, agricole, etc.). Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et en raison de l'utilisation de la méthode de niveau 3, les émissions du transport aérien militaire sont déclarées dans la catégorie Autres – Sources mobiles (catégorie 1.A.5.b du CUPR). Les émissions des carburants utilisés dans les aéroports pour le transport au sol (qui sont déclarées dans la catégorie Autres moyens de transport [hors route]) ainsi que les émissions de combustion attribuables aux sources fixes dans les aéroports sont exclues. Les émissions liées aux vols internationaux sont désignées comme des émissions de « soutes » et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais elles sont estimées et déclarées séparément dans la catégorie Soutes internationales.

Il faut être prudent lorsqu'on compare les estimations des émissions de cette catégorie à celles fournies par d'autres institutions, telles que l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Les estimations de l'AIE sont notamment très différentes de celles du CUPR en ce qui a trait aux émissions (combustibles de soute) nationales et internationales associées au carburéacteur. La méthode de niveau 3 utilisée par le modèle des émissions de GES de l'aviation (MEGESA) aux fins du RIN permet d'effectuer une distinction détaillée par vol entre les mouvements d'aéronefs nationaux et internationaux selon l'origine et la destination du vol. Les valeurs de la consommation de carburant (réparties entre les secteurs intérieur et international) déclarées par le Canada à l'AIE présument que tout le carburant vendu aux transporteurs canadiens est destiné à des vols intérieurs, et que tout le carburant vendu à des transporteurs étrangers est destiné à des vols internationaux, ce qui sous-estime considérablement la quantité d'émissions attribuables au carburant de soute, puisque de nombreux transporteurs canadiens effectuent des vols internationaux. Les exigences de déclaration de ces deux rapports (CCNUCC, AIE) n'étant pas harmonisées, les valeurs déclarées ne le seront pas non plus.

Étape 1 : Données sur les activités : mouvements d'aéronefs, longueur de la trajectoire de vol, coordonnées des aéroports, caractéristiques de la consommation d'essence d'aviation, cartographie aérienne représentative, rendement des émissions des aéronefs

Mouvements d'aéronefs

Les données sur les mouvements d'aéronefs (AMS, 2022) utilisées par le MEGESA sont les données fournies par les tours de contrôle à NAV CANADA (fournisseur des services de circulation aérienne civile au Canada) pour chaque vol depuis novembre 1996 et par Transports Canada (TC) avant novembre 1996. Ces données sont traitées par Statistique Canada (STC) et redistribuées à NAV CANADA et à Transports Canada. ECCC obtient cette information directement de Statistique Canada, de même que des données sur les mouvements d'aéronefs en provenance et à destination de petits aéroports que STC recueille directement auprès de ceux-ci et qu'il joint aux données des tours de contrôle fournies par NAV CANADA.

Les données renseignent, entre autres, sur l'origine, la destination et le type d'aéronef pour tout mouvement d'aéronefs donné au Canada. Le traitement de ces données par Statistique Canada consiste à ajouter de l'information fondée sur d'autres champs de données brutes qui lui sont fournies et à valider les renseignements sur les aéroports, les types d'aéronefs et divers champs de données qui ne sont pas essentiels à la modélisation de l'utilisation de carburant.

Les émissions du transport aérien militaire sont estimées à partir des données sur les mouvements d'aéronefs que Statistique Canada a classés dans la catégorie de ce type de transport.

Longueur de la trajectoire de vol

La longueur de la trajectoire de vol est la distance réelle parcourue entre deux aéroports. Les données sur les mouvements d'aéronefs utilisées pour la modélisation n'étant pas des données radar, elles ne reflètent pas la trajectoire exacte effectuée lors de chaque mouvement d'aéronef. Le MEGESA peut estimer la longueur de la trajectoire de vol à partir de l'information additionnelle obtenue de la *Federal Aviation Administration* (FAA). La FAA exploite un modèle de l'aviation appelé *Aviation Environmental Design Tool* (AEDT) (anciennement System for assessing Aviation's Global Emissions – SAGE), qui intègre de réelles données radar. La FAA a fourni à Environnement Canada des sorties du modèle pour l'année 2005 relatives à des aéroports canadiens, y compris des mesures radar (écart-type moyen, maximum, minimum) de la distance parcourue entre le lieu d'origine et la destination pour tout type d'aéronef (Fleming, 2008a). La distance moyenne, établie en se basant sur les lieux d'origine et de destination et le type d'aéronef, a été considérée par le MEGESA comme la distance parcourue chaque fois qu'une combinaison similaire figurait dans les données sur les mouvements d'aéronefs (quelle que soit l'année civile). Cependant, il arrive parfois que le MEGESA intègre une telle combinaison sans distance moyenne correspondante. Pour ces situations, il serait nécessaire de disposer d'une autre méthode.

On utilise une distance orthodromique¹ ajustée lorsque la distance radar moyenne est inconnue. On a établi un coefficient appliqué à la distance orthodromique en la comparant à la distance mesurée par radar pour une combinaison donnée de lieux d'origine et de destination et de type d'aéronef. La représentation graphique des longueurs connues mesurées par radar et des distances orthodromiques correspondantes a permis d'élaborer une équation qui peut être utilisée pour l'ajustement des distances orthodromiques brutes. Ainsi, on applique un facteur d'ajustement à ces distances pour estimer la longueur de la trajectoire de vol en tenant compte du fait que les facteurs diminuent à mesure que la distance orthodromique augmente.

Coordonnées des aéroports

Tous les renseignements possibles sur les aéroports ont été extraits des données relatives aux mouvements d'aéronefs dans le MEGESA, puis définis. Ces renseignements, tels que la latitude, la longitude, l'altitude et le nom des aéroports ont été compilés à partir des données de diverses sources, dont le Supplément de vol du Canada 2009 et 2019 (NAV Canada, 2009, 2019a, 2020), le Supplément hydroaérodromes du Canada (NAV Canada, 2018b, 2019b), les codes des aéroports (NAV Canada, 2018a) de l'Association du transport aérien international (IATA) et de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), la *Federal Aviation Administration* (FAA, 2020), l'*Airline and Location Code Search Database* (IATA, 2020), SAGE (Fleming, 2008b), le Groupe de travail sur la modélisation et les bases de données (MODTF) (Fleming, 2008c) et les *World Airport Codes* (2020). Les coordonnées géographiques sont les principales données nécessaires pour calculer une distance orthodromique servant à l'établissement de la longueur de la trajectoire de vol.

Caractéristiques de l'utilisation de carburant par les aéronefs

Une fois que la longueur de la trajectoire de vol a été établie, on peut calculer la consommation de carburant par l'aéronef pour un mouvement donné en utilisant les caractéristiques connues du carburant utilisé. Les caractéristiques du carburant utilisé par divers aéronefs représentatifs proviennent de la Base of Aircraft Data (BADA, 2019), de la base de données sur les émissions des moteurs de l'OACI (OACI, 2019), de la base de données sur les turbopropulseurs de la Swedish Defence Research Agency (FOI) (Hagstrom, 2010) et de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), en Suisse (OFAC, 2007).

L'information de l'OACI, de la FOI et de l'OFAC sert à estimer la consommation de carburant du cycle de roulage départ, de roulage arrivée et de décollage de chaque vol. L'information de la BADA sert à estimer la consommation de carburant pour les phases de la montée initiale, de la montée, du vol en croisière, de la descente et de l'atterrissage de chaque vol.

Cartographies aériennes représentatives

Tous les renseignements possibles sur les types d'aéronefs ont été extraits des données relatives aux mouvements d'aéronefs dans le MEGESA, puis définis. Ensuite, les données pour chacun des aéronefs ont été cartographiées pour établir un aéronef représentatif avec des caractéristiques connues de la consommation de carburant pour pouvoir calculer cette consommation pour tous les aéronefs pris en compte par le MEGESA. Dans la mesure du possible, des guides de cartographies publiés ont été utilisés à l'étape de la cartographie des données (BADA, 2019; FAA, 2018; GIEC, 2006; OACI, 2016, 2020) et les caractéristiques correspondantes des aéronefs (MTOW², nombre de moteurs, type de moteur, etc.), en l'absence de renseignements publiés pour un aéronef donné.

Rendement des aéronefs par rapport aux émissions

Pour mieux estimer les émissions de CH₄ découlant de la consommation de carburéacteur, le MEGESA a utilisé des coefficients d'émission particuliers, lorsqu'applicable, pour le cycle d'atterrissage et de décollage. Lorsqu'il n'y a aucun coefficient d'émission de CH₄ propres aux aéronefs, le coefficient par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisé. Les coefficients sont tirés du tableau 3.6.9 des Lignes directrices 2006 du GIEC et sont convertis en grammes par litre de carburant consommé. Pour la portion du vol en croisière, on présume que les émissions de CH₄ sont nulles (Wiesen et al., 1994). Pour faciliter l'utilisation des données par le grand public, le coefficient d'émission publié pour le CH₄ sera une moyenne de la flotte pour l'ensemble de la série chronologique calculée à partir du carburant total utilisé (pour l'atterrissage, le décollage et le vol en croisière).

On trouve également dans le tableau 3.6.9 des Lignes directrices 2006 du GIEC des coefficients d'émissions de N₂O pour le carburéacteur propres à des aéronefs et fondés sur le cycle complet d'atterrissage et de décollage, mais ces coefficients sont calculés au moyen d'un coefficient d'émission pour le carburant d'après la méthode de niveau 1. Ainsi, ce coefficient de niveau est utilisé tel quel puisque la quantité de carburant consommé pendant le cycle d'atterrissage et de décollage est calculée par le modèle d'émission de GES de l'aviation.

Des coefficients d'émission propres à chaque pays sous forme de g/L sont utilisés pour les émissions de CO₂ produites par le carburéacteur et pour les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant de l'essence d'aviation.

1 Une distance orthodromique est la plus courte distance entre deux points sur une sphère; en aviation, il s'agit de la longueur de vol la plus courte possible entre le point de départ et le point d'arrivée d'un vol.

2 Masse maximale au décollage

Étape 2 : Calcul de la consommation de carburant d'un aéronef

Le carburant consommé pendant chacun des mouvements d'un aéronef est estimé à l'aide de l'Équation A3.1–2 :

Équation A3.1–2

$$CC_{\text{total pour le vol}} = CC_{\text{roulage départ}} + CC_{\text{décollage}} + CC_{\text{montée initiale}} + CC_{\text{montée}} + CC_{\text{vol en croisière}} + CC_{\text{descente}} + CC_{\text{atterrissage}} + CC_{\text{roulage arrivée}}$$

$CC_{\text{total pour le vol}}$	=	Quantité totale de carburant consommé par vol
$CC_{\text{roulage départ}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant le roulage départ
$CC_{\text{décollage}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant le décollage
$CC_{\text{montée initiale}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la montée initiale
$CC_{\text{montée}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la montée
$CC_{\text{vol en croisière}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant la phase de vol en croisière
CC_{descente}	=	Quantité de carburant consommé pendant la descente
$CC_{\text{atterrissage}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant l'atterrissage
$CC_{\text{roulage arrivée}}$	=	Quantité de carburant consommé pendant le roulage arrivée

Le cycle de l'atterrissage et du décollage d'un vol (en deçà de 3 000 pi) comprend l'accélération sur la piste jusqu'à l'envol, la montée (du point où l'avion quitte la piste jusqu'à 3 000 pi), l'atterrissage (du niveau de 3 000 pi jusqu'au posé) ainsi que le roulage arrivée et le roulage départ (du poste de stationnement des aéronefs vers la piste d'aéroport et en direction inverse). Les diverses phases du cycle d'atterrissage et de décollage d'un vol sont quantifiées soit selon les durées de chaque mode (*time-in-modes*) standards de l'OACI, ces valeurs étant multipliées par le taux de consommation de carburant pour cette phase (selon les données de l'OACI, de la FOI et de l'OFAC), soit selon les caractéristiques de consommation de carburant de l'aéronef figurant dans la BADA, selon le cas (seulement disponibles pour les phases de montée et d'approche).

Pendant la phase de vol en croisière (au-dessus de 3 000 pi), les émissions sont calculées à l'aide des caractéristiques de consommation de carburant de l'aéronef précisées dans la BADA et la longueur de la trajectoire de vol du mouvement de l'aéronef. La phase de vol en croisière est subdivisée en trois parties : la montée (de 3 000 pi jusqu'à l'atteinte de l'altitude de croisière), le vol en croisière à une altitude constante (à une altitude de croisière constante atteinte à la fin de la montée) et la descente (de l'altitude de croisière à 3 000 pi). La distance qu'il faut à l'aéronef pour atteindre une altitude de croisière constante et pour effectuer sa descente à partir de cette altitude (y compris les portions de la montée et de l'approche de l'atterrissage et du décollage) est soustraite de la longueur de la trajectoire de vol pour obtenir la distance parcourue à une altitude de croisière constante.

On estime les segments d'atterrissage et de décollage et de vol en croisière pour tout mouvement d'aéronef en utilisant dans un premier temps les données de cartographie de l'aéronef représentatif qui établissent un lien entre l'aéronef identifié dans les données de mouvement et un aéronef représentatif dont on connaît les caractéristiques de performance. Pour ce qui est des taux de consommation de l'aéronef représentatif qui sont fondés sur la distance, soit on extrait la longueur de la trajectoire de vol pour le mouvement de la liste de données radar sur les mouvements fournies par la FAA, soit on calcule la longueur en quantifiant la distance orthodromique et en multipliant cette valeur par un facteur d'ajustement, tel qu'on le décrit plus haut. Pour les taux de consommation de carburant qui sont fondés sur la durée de chaque segment du cycle d'atterrissage et de décollage, ces durées ont déjà été prédéfinies. Il est possible d'établir des estimations du carburant consommé pendant les segments du cycle d'atterrissage et de décollage et du vol en croisière, à l'aide des caractéristiques connues du carburant de l'aéronef, de la durée des modes et de la longueur de la trajectoire de vol.

Étape 3 : Normalisation

Toute la consommation de carburant et d'essence d'aviation au Canada est déclarée dans le BDEE (Statistique Canada, 1990–). Le carburant consommé, selon les estimations établies au moyen de la méthode ascendante du MEGESA, est modifié pour correspondre à la valeur du BDEE à l'échelle nationale. Des rectifications ont également été apportées aux estimations du carburant consommé lors des segments du cycle d'atterrissage et de décollage et de vol en croisière des mouvements individuels, pour l'ensemble des mouvements.

Étape 4 : Calcul des émissions

Des estimations des émissions sont établies pour chaque mouvement à partir du taux normalisé de la consommation totale de carburant et du coefficient d'émission approprié, tel qu'indiqué dans l'Équation A3.1–1. On obtient ensuite une estimation des émissions à l'échelle nationale en additionnant les estimations individuelles des émissions.

A3.1.4.2.3. Transport maritime intérieur (catégorie 1.A.3.d du CUPR)

L'estimation des émissions de GES attribuables à la catégorie Transport maritime intérieur est réalisée à l'aide d'une méthode de niveau 2 du GIEC pour les émissions de CO₂ et d'une méthode de niveau 1 du GIEC pour les émissions de CH₄ et de N₂O.

Cette catégorie comprend les émissions des navires qui naviguent entre les ports canadiens. Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les émissions imputables au transport maritime militaire sont déclarées dans la catégorie Sources mobiles (catégorie 1.A.5.b du CUPR). De même, les émissions issues des bateaux de pêche sont déclarées dans la catégorie Pêches (catégorie 1.A.4.c.iii du CUPR). Les émissions provenant des petits bateaux de plaisance sont exclues (déclarées dans la catégorie Autres moyens de transport [hors route]). En outre, les émissions provenant des voyages internationaux sont désignées comme des émissions de « soute » et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux; toutefois, ces émissions font l'objet d'une estimation et sont déclarées séparément comme élément pour mémoire sous Soutes internationales.

Les émissions des navires sont établies à l'aide du OIEN, un modèle élaboré à partir des données de suivi des navires. Contrairement au BDEE, dans lequel les valeurs du carburant sont basées sur les données relatives aux ventes de carburant et organisées par pavillon de navire, l'OIEN tient compte des mouvements des navires, et les émissions nationales ou internationales sont attribuées en fonction des renseignements sur le port d'origine et le port de destination. Par conséquent, et comme pour la sous-catégorie Transport aérien, il convient d'examiner attentivement la comparaison entre la consommation de carburant (en termes d'énergie) dans cette sous-catégorie avec le bilan énergétique national déclaré dans le BDEE et les données de l'AIE. En raison de la conception et des procédures d'exploitation des navires, il n'est pas rare que les navires stockent des quantités importantes de carburant à bord. Cela signifie qu'il est possible pour les navires de naviguer dans les eaux canadiennes sans acheter de carburant auprès d'un fournisseur canadien. Étant donné que le BDEE est basé sur les transactions de carburant au Canada, il est possible que le secteur maritime consomme plus de carburant que ce qui est indiqué dans le bilan énergétique national. Lorsque l'on utilise la méthode de référence, le carburant excédentaire est comptabilisé comme une « importation temporaire ».

Étape 1 : Données sur les activités : Outil d'inventaire des émissions des navires

L'Outil d'inventaire des émissions des navires se sert des données sur le trafic maritime et des caractéristiques des navires pour estimer la quantité de carburant nécessaire pour chaque navire manœuvrant dans les eaux canadiennes. Les données sur le trafic maritime sont utilisées pour les années civiles 2010, 2015 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020. Cependant, l'OIEN a élaboré des données rétrospectives et prévisionnelles par tranches de cinq ans pour la période s'étendant de 1990 à 2050, et les quantités de carburant entre ces années ont été interpolées de façon linéaire. Puisque les années civiles 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 sont les seules années pour lesquelles des estimations sont disponibles à un niveau détaillé, les proportions de la consommation de carburant pour ces années sont appliquées aux autres années civiles pour ventiler davantage la quantité de carburant.

Pour les années civiles 2010, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020, les données de l'OIEN sont basées sur les données relatives au trafic des navires provenant du Système intégré d'information sur le transport maritime (INNAV) et du Système d'identification automatique (SIA) de la Garde côtière canadienne, ainsi que sur les données sur les permis de pêche du ministère des Pêches et Océans. Les mouvements de navires sont regroupés en segments de 1 km, lesquels fournissent la distance et le temps entre chaque point. Les caractéristiques et la classification des navires sont prises en compte dans l'estimation de l'utilisation du carburant. On tient compte des trois sources de consommation de carburant suivantes : moteurs principaux, moteurs auxiliaires et chaudières. L'OIEN utilise des hypothèses générales pour les moteurs auxiliaires et les chaudières, mais on utilise davantage de paramètres pour déterminer le carburant consommé par les moteurs principaux. Le facteur de charge a une influence importante sur l'estimation de la consommation de carburant par les moteurs principaux; par conséquent, elle est calculée pour chaque point de données en fonction des lois de la propulsion.

Pour les années 1990 à 2010, les données ont été établies de manière rétrospective à partir de données provenant des différentes sources suivantes : les données sur la circulation des marchandises de Transports Canada de 1990 à 2005, les données, les données sur le « vrac sec » et les « conteneurs » des ports, les données sur les passagers de la *Northwest and Canada Cruise Association* (NWCCA) et les données démographiques de Statistique Canada.

Pour les années 2020 et 2021, les données ont été établies en ajustant les mouvements des navires par classe de navires en fonction de la croissance/contraction du nombre de milles nautiques parcourus, obtenus de Transports Canada.

Étape 2 : Cohérence entre l'attribution du carburant et les séries chronologiques

La quantité de carburant provenant du BDEE est comparée aux valeurs estimées par l'OIEIN afin de déterminer la quantité de carburant brûlé qui a probablement été obtenu auprès de fournisseurs de carburant canadiens. La comparaison est effectuée systématiquement par région et par catégorie.

Dans les cas où les valeurs de consommation de carburant du BDEE sont supérieures à celles estimées par l'OIEIN (scénario 1), on suppose, pour ce qui est des valeurs de l'OIEIN, que le carburant utilisé pour le transport maritime militaire, la pêche, le transport maritime intérieur et le transport maritime international a été acheté auprès de fournisseurs canadiens. Les écarts dans les quantités de carburant entre le BDEE et l'OIEIN sont attribuables à la catégorie Transport maritime internationale (soutes). Dans ce scénario, on suppose que le modèle de l'OIEIN a sous-estimé la quantité de carburant utilisé pour le transport maritime international, probablement parce que l'OIEIN ne couvre que les mouvements dans les eaux canadiennes.

Dans les cas où les valeurs de consommation de carburant du BDEE sont inférieures à celles estimées par l'OIEIN (scénario 2), la procédure suivante est suivie :

Cas 1 – Militaire. Si la quantité de carburant dans le BDEE est supérieure à la quantité de carburant estimée par l'OIEIN pour le transport maritime militaire, on suppose alors que tout le carburant utilisé pour les opérations militaires a été obtenu auprès de fournisseurs canadiens. Si la quantité de carburant disponible dans le BDEE est inférieure à la quantité estimée par l'OIEIN, on suppose que la portion de carburant égale à celle du BDEE a été achetée auprès de fournisseurs canadiens et que le reste du carburant utilisé dans cette région a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Cas 2 – Pêches. Si la quantité de carburant dans le BDEE (moins le carburant utilisé pour les opérations militaires) est supérieure à la quantité de carburant estimée par l'OIEIN pour les bateaux de pêche, on suppose alors que tout le carburant utilisé pour la pêche commerciale a été obtenu auprès de fournisseurs canadiens. Si la quantité de carburant disponible dans le BDEE est inférieure à la quantité estimée par l'OIEIN, on suppose que la portion de carburant égale à celle du BDEE a été achetée auprès de fournisseurs canadiens et que le reste du carburant utilisé dans cette région a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Cas 3 – Transport maritime intérieur. Si la quantité de carburant dans le BDEE (moins le carburant utilisé pour les opérations militaires et la pêche) est supérieure à la quantité estimée par l'OIEIN pour les navires effectuant des voyages intérieurs, on suppose alors que tout le carburant utilisé pour le transport maritime intérieur a été acheté auprès de fournisseurs canadiens. Si la quantité de carburant disponible dans le BDEE est inférieure à la quantité estimée par l'OIEIN, on suppose que la portion de carburant égale à celle du BDEE a été achetée auprès de fournisseurs canadiens et que le reste du carburant utilisé dans cette région a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Cas 4 – Transport maritime international (soutes). On suppose que la portion de carburant égale à celle dans le BDEE (moins le carburant utilisé pour les opérations militaires, la pêche et le transport maritime intérieur) a été achetée auprès de fournisseurs canadiens pour le transport maritime international (soutes). Ainsi, on suppose que le carburant qui équivaut à la différence entre le BDEE et l'OIEIN a été acheté auprès de fournisseurs étrangers.

Étape 3 : Calcul des émissions

Les émissions sont calculées en multipliant les quantités de carburant par les coefficients d'émission propres à chaque carburant (voir l'Annexe 6).

A3.1.4.2.4. Transport ferroviaire (catégorie 1.A.3.c du CUPR)

On utilise une méthode de niveau 2 du GIEC pour calculer les émissions de CO₂ et une méthode de niveau 1 pour les émissions de CH₄ et de N₂O. On multiplie la consommation nationale de carburant pour le transport ferroviaire déclarée dans le BDEE (Statistique Canada, 1990–) par les coefficients d'émission propres aux divers carburants (Annexe 6).

Au Canada, les locomotives sont essentiellement alimentées au carburant diesel. Un examen des émissions attribuables aux activités des trains à vapeur au Canada a montré que les émissions associées aux trains à vapeur ne sont pas significatives. Les émissions des locomotives électriques sont comptabilisées sous la rubrique de production d'électricité.

A3.1.4.2.5. Biomasse (catégorie 1.D.3 du CUPR)

Pour estimer les émissions issues de la consommation de carburants biosynthétiques (éthanol et biodiesel), on utilise une méthode modifiée de niveau 1 du GIEC pour les véhicules routiers à essence et diesel et une méthode de niveau 1 du GIEC pour les véhicules hors route, le transport ferroviaire et le transport maritime intérieur. Le volume de biocarburants utilisés dans le sous-secteur du transport est proportionnellement réattribué aux catégories respectives des véhicules à essence et diesel d'après les volumes de consommation initiaux dans ces catégories.

Les volumes de biocarburants utilisés pour les transports routiers et hors route sont décrits à la section A3.1.4.1.2. Les volumes de biocarburants utilisés pour les catégories du transport ferroviaire et du transport maritime sont fondés sur les données recueillies dans le *Règlement sur les carburants renouvelables* du Canada. Actuellement, on suppose qu'aucun biocarburant n'est utilisé dans le secteur de l'aviation.

Au lieu d'utiliser des coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O propres aux biocarburants, on utilise les coefficients d'émission pour l'essence et le diesel des classes de technologies équivalentes. Les coefficients d'émission de CO_2 sont formulés à partir des propriétés chimiques du carburant.

A3.1.4.2.6. **Transport par pipeline (catégorie 1.A.3.e.i du CUPR)**

Cette catégorie inclut les moteurs alimentés aux combustibles fossiles qui sont utilisés pour faire fonctionner les compresseurs servant au transport des produits du pétrole et du gaz naturel. On utilise surtout du gaz naturel, mais aussi certains produits pétroliers raffinés comme le diesel. Les oléoducs utilisent généralement des moteurs électriques pour faire fonctionner les équipements de pompage.

Les émissions de GES attribuables aux combustibles utilisés par cet équipement sont calculées en appliquant l'Équation A3.1–1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission, à l'échelle provinciale pour le gaz naturel et à l'échelle nationale pour les autres carburants.

A3.2. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

La présente annexe porte sur les méthodologies détaillées employées pour estimer les émissions fugitives attribuables à la production des combustibles solides et à l'industrie pétrolière et gazière.

L'importante industrie canadienne du pétrole et du gaz — source principale d'émissions fugitives — comporte divers types de production allant de la production et du traitement du gaz naturel à la production de pétrole brut léger, moyen ou lourd, en passant par l'extraction des sables bitumineux et la production de pétrole brut synthétique. Pour obtenir une description détaillée de toutes les sources d'émissions fugitives, consultez le Chapitre 3.

Toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) attribuables aux activités de combustion de combustibles associées à l'exploration, à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles sont traitées dans les sections du Chapitre 3 consacrées aux industries énergétiques (section 3.2.4) et aux transports (section 3.2.6), et leurs méthodologies sont décrites à l'Annexe 3.1 (sections A3.1.4.1 et A3.1.4.2).

A3.2.1. Combustibles solides

A3.2.1.1. Exploitation de la houille

Études sur l'exploitation de la houille propre au Canada

Les estimations des émissions fugitives au Canada sont en grande partie basées sur trois études : *Methane Emissions from Canadian Coal Operations: A Quantitative Estimate*, préparée par B. Hollingshead (1990) pour la Transalta Utilities Corp.; *Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, engineering, economic, and institutional implications of options*, préparée par B. King (1994) pour Neill and Gunter Ltd. et *Compilation of a National Inventory of Greenhouse Gas and Fugitive VOC Emissions by the Canadian Coal Mining Industry*, préparée par Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd (Cheminfo et Clearstone, 2014) pour Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). Le Canada s'est fondé sur des renseignements propres aux mines contenus dans ces trois études pour établir les données, les paramètres et les informations concernant les mines à ciel ouvert et les mines souterraines propres au pays. Ces renseignements sont confidentiels.

L'étude d'Hollingshead commandée par Transalta Utilities Corp. visait à estimer les émissions de méthane (CH₄) provenant des mines de charbon et de la combustion du charbon au Canada. Dans l'étude réalisée pour l'année 1989, les émissions fugitives des mines souterraines et des mines à ciel ouvert ainsi que les émissions de combustion découlant de toutes les utilisations du charbon au Canada ont été estimées. En tant que telle, cette étude est axée non pas sur l'élaboration de coefficients d'émission (CE) qui pourraient être utilisables annuellement, mais plutôt sur la production d'un aperçu de toutes les émissions provenant du charbon au cours d'une année en particulier. Cependant, lors de l'estimation de ces émissions totales, une grande quantité de données utiles ont été recueillies concernant la composition en CH₄ de la houille exploitée au Canada.

Au Canada, il existe, habituellement, des mines souterraines et des mines à ciel ouvert, et la méthode élaborée par King (1994) a permis de produire des CE du CH₄ pour tous les types de charbon et chaque mine de charbon. Dans la mesure du possible, King a employé les données propres au Canada utilisées dans l'étude d'Hollingshead, tout en indiquant clairement la source des données et en expliquant ce choix. La méthode de King pour les mines souterraines et les mines à ciel ouvert est une version modifiée d'une procédure mise au point par le Conseil consultatif de l'industrie du charbon (CCIC) pour l'Agence internationale de l'énergie. Pour de plus amples renseignements sur certaines de ces modifications, voir plus loin la section sur les mines à ciel ouvert. Avant la déclaration de 2016, les CE de CH₄ produits dans l'étude de King (1994) ont été utilisés pour estimer les émissions fugitives de CH₄ des 23 mines en activités et de toutes les mines abandonnées après 1990 au Canada.

En 2014, ECCC a attribué un contrat à Cheminfo Canada et à Clearstone Engineering pour actualiser les CE des mines de charbon de l'Ouest du Canada. L'étude a permis de produire de nouveaux CE pour sept des 21 mines à ciel ouvert qui étaient en activité à l'aide d'essais sur le terrain effectués dans deux mines de charbon subbitumineux du centre de l'Alberta, une mine de charbon bitumineux du Nord-Est de la Colombie-Britannique et une mine de charbon bitumineux du nord-ouest de l'Alberta. Les résultats obtenus aux quatre mines visées par l'essai ont été appliqués à trois mines situées à proximité qui exploitent les mêmes veines de charbon et présentent une géographie similaire. À l'aide d'un réseau de transects au sol du panache mobile (*mobile plume transect system*, ou MPTS), un graphique bidimensionnel y-z de la concentration de polluants et du profil éolien en aval des sources cibles a été tracé. L'équipement de mesure comprenait : 1) un spectromètre de mesure du temps de déclin dans une cavité; 2) un système d'échantillonnage multiplexeur à huit canaux; 3) un anémomètre tridimensionnel ultrasonique; 4) un système GPS et inertiel; 5) un véhicule muni d'un mât d'échantillonnage vertical; et 6) un ordinateur et un logiciel.

Le modèle d'émissions est une version hybride des méthodes de niveau 2 et de niveau 3 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), selon la disponibilité des données propres à une mine en particulier. Les valeurs fournies par Statistique Canada sur la production minière brute de charbon, avant toute épuration et préparation, sont utilisées pour calculer les émissions fugitives de tous les types de mines. Les émissions des activités post-extraction connexes sont comptabilisées dans les CE des mines souterraines et des mines à ciel ouvert. Voir d'autres précisions sur les méthodologies utilisées pour calculer les émissions des mines souterraines et des mines à ciel ouvert dans leurs sections respectives.

Les CE varient selon les régions, les terrains houillers et le type de mine (souterraine ou à ciel ouvert).

Mines souterraines

King (1994) a estimé les émissions des mines souterraines pour chaque mine en faisant la somme des émissions du système d'aération, du système de dégazage et des activités post-extraction. Faute de données mesurées, les émissions du système d'aération des puits de mine ont été estimées au moyen de l'Équation A3.2-1 :

Équation A3.2-1

$$Y = 4,1 + (0,023 \times X)$$

Y = émissions de CH₄ par tonne brute de charbon extrait, exprimées en m³ de CH₄/t de charbon

X = profondeur de la mine en mètres (m)

Les émissions des activités post-extraction ont été estimées en partant de l'hypothèse que 60 % du CH₄ piégé dans le charbon (après extraction de la mine) est rejeté dans l'atmosphère avant la combustion. Si la teneur en CH₄ du charbon extrait n'était pas disponible, une teneur de 1,5 m³/t, soit la teneur moyenne des charbons à l'échelle mondiale était supposée (King, 1994). Au Canada, toutes les mines souterraines sont des mines exploitées par galerie dont la profondeur utile est de zéro mètre. Les CE de la production de charbon tiennent compte des émissions des activités post-extraction, une fois toutes les quantités converties en unités de masse au moyen d'un facteur de conversion standard de 0,67 kg/m³ CH₄.

Entre les années 1992 et 1999, toute l'exploitation minière souterraine a cessé dans l'est du Canada. Le reste des mines souterraines est situé en Alberta et en Colombie-Britannique et ces mines sont moins grisouteuses que celles de l'est du Canada. De 2015 à 2017, il n'y avait aucune mine de charbon souterraine en activité au Canada; cependant, la mine Donkin en Nouvelle-Écosse a repris ses activités en 2018 et a été exploitée pendant deux ans.

Mines à ciel ouvert

Le Conseil consultatif de l'industrie du charbon (CCIC) a modifié sa méthode afin d'y intégrer des données confidentielles propres au Canada et aux États-Unis (tirées des études de King, Hollingshead et Cheminfo et Clearstone) pour les trois types de charbon exploités à l'intérieur du pays, plutôt que d'utiliser une série de données internationales généralisées afin de représenter la situation propre à chaque pays. King a établi les CE par région, par mine et par type de charbon. La teneur moyenne en CH₄ des charbons bitumineux ou subbitumineux était de 0,4 m³/t (d'après les essais réalisés sur 50 mines aux États-Unis; données obtenues par King) et la teneur en CH₄ du lignite était, au Canada seulement, de 0,05 m³/t (Hollingshead, 1990), en supposant que 60 % des gaz sont rejetés dans l'atmosphère avant la combustion. Une campagne d'analyses sur le terrain visant à mesurer les émissions fugitives de CH₄, de dioxyde de carbone (CO₂) et de composés organiques volatils a été menée à quatre mines de charbon à la fin février 2014 :

- Sites 1 et 2 : deux mines de charbon subbitumineux dans le centre de l'Alberta
- Site 3 : une mine de charbon bitumineux dans le nord-est de la Colombie-Britannique
- Site 4 : une mine de charbon bitumineux dans le nord-ouest de l'Alberta

Les émissions de CH₄ ont été mesurées à distance au moyen d'un système de transects au sol de panache mobile (MPTS, pour Mobile Plume Transect System) pour les sources diffuses, et d'analyses par traceur pour les sources volumineuses et les sources ponctuelles (Cheminfo et Clearstone, 2014). Les données issues de ces analyses sur le terrain ont été utilisées pour modifier le CE du CH₄ de 7 des 23 mines productrices au Canada. Les CE du Tableau A3.2-1 sont calculés à partir de ces données et de cette hypothèse. De plus, l'incertitude associée au coefficient d'émission global de CH₄ est indiquée au Tableau A2-1, sous la catégorie 1.B.1.a – Sources fugitives – Extraction et manutention du charbon.

Tableau A3.2-1 Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille pour 2021

Région	Type de charbon	Type de mine	Coefficient d'émission	Unités
NS	bitumineux	ciel ouvert	0,07	t CH ₄ / kt de charbon extrait
SK	lignite	ciel ouvert	0,07	t CH ₄ / kt de charbon extrait
AB	bitumineux	ciel ouvert	0,29	t CH ₄ / kt de charbon extrait
AB	subbitumineux	ciel ouvert	0,15	t CH ₄ / kt de charbon extrait
BC	bitumineux	ciel ouvert	0,93	t CH ₄ / kt de charbon extrait

Note : Adapté de King (1994) et Cheminfo et al. (2014).

Les couches non exploitées avoisinantes sont une importante source d'émissions des mines à ciel ouvert. À l'aide des données propres à chaque mine canadienne de l'étude d'Hollingshead, King a appliqué un rajustement des données aux couches non exploitées avoisinantes, situées jusqu'à une profondeur de 50 m au-dessous de la surface de la mine. Les CE de base pour l'extraction à ciel ouvert ont été majorés de 50 % (King, 1994) afin de tenir compte du rajustement effectué en raison du dégazage; les CE de base sont pris en compte dans le calcul des CE (voir le Tableau A3.2-1).

Les émissions des mines de charbon ont été calculées à l'aide de l'Équation A3.2-2 :

Équation A3.2-2

$$\text{Émissions provinciales} = \sum (CE_{i,j,k,l} \times \text{charbon}_{i,j,k,l})$$

$CE_{i,j,k,l}$ = coefficient d'émission tiré des études de King (1994) ou de Cheminfo et Clearstone (2014) pour la province/territoire i , le type de charbon j , la mine k et le terrain houiller l

$\text{charbon}_{i,j,k,l}$ = production minière brute de charbon dans la province/territoire i , par type de charbon j , par mine k et par terrain houiller l

Les émissions pour chaque province et territoire ont été calculées, puis additionnées afin d'obtenir une estimation des émissions pour l'ensemble du Canada.

En dépit de la fermeture des mines souterraines de la côte est, l'augmentation de la production aux mines à ciel ouvert moins grisouteuses en Alberta et en Colombie-Britannique a maintenu la production annuelle totale de charbon au Canada. Ainsi, même si la production est demeurée stable, l'effet net est une diminution importante des émissions totales fugitives associées à l'exploitation de la houille depuis 1990.

Données sur les activités

Le modèle exige les données de la production minière brute pour chaque type de charbon extrait dans chaque province. Jusqu'en 2002, les données provenaient des *Statistiques du charbon et du coke* de Statistique Canada (Statistique Canada, 1999–2002). Toutefois, Statistique Canada a interrompu la publication de ce rapport en 2002, et les données sont désormais transmises directement à ECCC en vertu d'un protocole d'entente.

Coefficients d'émission

Les CE ont été établis par type de charbon, type de mine et terrain houiller. Pour des raisons de confidentialité, ils ne peuvent être déclarés qu'au niveau de la province. C'est pourquoi des CE pondérés ont été élaborés au niveau provincial.

Les CE pondérés pour 2021, par type de mine productrice et type de charbon, élaborés à l'aide des méthodes de King (1994) et de Cheminfo et Clearstone (2014), sont présentés au Tableau A3.2-1. Pour une liste complète des coefficients d'émissions fugitives, voir l'Annexe 6.

A3.2.1.2. Mines de charbon souterraines abandonnées

Le CH₄ de houille et d'autres gaz présents à l'état naturel dans les veines de charbon s'échappent dans l'atmosphère quand les conditions s'y prêtent. De tous ces gaz, le CH₄ est le plus préoccupant. Les émissions d'autres gaz, comme le CO₂, sont considérées comme minimales et ne sont pas déclarées étant donné que le GIEC ne fournit aucune méthode pour estimer ces émissions (GIEC, 2006).

Comme indiqué au point A3.2.1.1, les perturbations structurelles exposent le charbon à de moindres pressions atmosphériques qui favorisent le rejet d'émissions fugitives durant les opérations d'exploitation et de post-exploitation, y compris la manutention, le broyage et le transport. Quand une mine souterraine cesse ses activités et qu'il n'y a plus d'évacuation active des gaz, les émissions peuvent s'y poursuivre durant des décennies. Une fois que la production cesse, toutes les émissions subséquentes sont estimées à l'aide du modèle décrit dans cette section.

Méthodologie

De nombreux facteurs exercent une influence sur le CH_4 de houille, dont la structure géologique des veines, le type et les caractéristiques du charbon, les activités d'extraction, les gradients de pression, l'inondation des mines ainsi que les mesures d'évacuation et de recouvrement post-exploitation. Bien qu'il n'existe pas au Canada de données sur l'évacuation et le recouvrement post-exploitation, les règlements provinciaux exigent que toutes les mines qui ont été abandonnées récemment soient couvertes pour des raisons de sécurité.

L'équation de niveau 2 du GIEC pour les mines abandonnées prend la forme générale de l'Équation A3.2–3.

Équation A3.2–3 Niveau 2 du GIEC

$$\text{Émissions de CH}_4 = \text{Mines non inondées} \times \text{Fraction de mines gazeuses} \times \text{Taux d'émission moyen} \times \text{CE} \times \text{Facteur de conversion}$$

Émissions de CH_4	=	émissions annuelles (Gg/an)
Mines non inondées	=	nombre de mines non inondées
Fraction de mines gazeuses	=	% de mines considérées gazeuses
Taux d'émission moyen	=	(m^3/an)
CE	=	coefficient d'émission, sans dimension, de la forme $(1+aT)^b$
Facteur de conversion	=	convertit le volume de CH_4 en masse — (0,67 kg/m^3 , à 20 °C et pression atmosphérique de 1)

Quant à l'équation de niveau 3 du GIEC pour les mines abandonnées, elle prend la forme générale de l'Équation A3.2–4 :

Équation A3.2–4 Niveau 3 du GIEC

$$\text{Émissions de CH}_4 = (\text{Taux d'émission à la fermeture} \times \text{CE} \times \text{Facteur de conversion})$$

Émissions de CH_4	=	émissions annuelles (Gg/an)
Taux d'émission à la fermeture	=	taux d'émission connu pour la mine en particulier (m^3/an)
CE	=	coefficient d'émission, sans dimension, de la forme $(1+aT)^b$
Facteur de conversion	=	convertit le volume de CH_4 en masse — (0,67 kg/m^3 , à 20 °C et pression atmosphérique de 1)

Des données détaillées sur les émissions de CH_4 durant les années de production uniquement pour cinq mines de la Nouvelle-Écosse étaient disponibles (King, 1994). Ces données ont permis d'utiliser l'Équation A3.2–4 de niveau 3 du GIEC pour estimer les émissions des mines abandonnées de cette région. Pour toutes les autres régions du Canada, les données de production connues des mines abandonnées ont été moyennées sur la durée totale d'exploitation des mines, et les CE du Tableau A3.2–1 ont été utilisés, afin d'estimer les émissions de la dernière année de production. Sur la base de cette estimation, l'Équation A3.2–3 a été appliquée pour calculer les émissions. Les calculs ont été effectués selon cinq intervalles temporels, indiqués au Tableau A3.2–2, au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC de manière à établir le pourcentage de mines gazeuses par intervalle de temps. Il a été supposé que les mines abandonnées avant 1900 ne produisaient pas d'émissions (GIEC, 2006).

Au terme des activités d'exploitation, il a été établi de façon empirique que les émissions de CH_4 chutaient en suivant une courbe de déclin hyperbolique. Ce constat est modélisé à l'aide du facteur $(1+aT)^b$ de l'équation de CE de niveau 2/3 du GIEC, où a et b représentent les constantes propres à la mine ou au bassin, et T , le temps écoulé depuis l'abandon (GIEC, 2006). Pour une liste des constantes appliquées aux données canadiennes, se reporter au Tableau A3.2–3 : Niveau 2/3 du GIEC – Coefficients des coefficients d'émission. Cette équation de CE du GIEC a servi à toutes les estimations provinciales.

Tableau A3.2-2 Niveau 2 du GIEC – % de mines gazeuses par intervalle de temps

Intervalle	Faible	Élevé
1900–1925	0 %	10 %
1926–1950	3 %	50 %
1951–1975	5 %	75 %
1976–2000	8 %	100 %
2001–aujourd’hui	9 %	100 %

Tableau A3.2-3 Niveau 2/3 du GIEC – Coefficients des coefficients d’émission

Type de charbon	a	b
Anthracite	1,72	-0,58
Bitumineux	3,72	-0,42
Subbitumineux	0,27	-1,00

Les émissions de CH₄ des mines inondées chutent radicalement dès que cesse le pompage actif. La pression de l’eau inhibe la libération du CH₄, en raison d’une moindre perméabilité relative. Des études empiriques de l’EPA des États-Unis (US EPA, 2004) portant sur des mines des États-Unis révèlent que l’inondation des mines se produit dans un délai de huit ans. Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) prescrivent d’attribuer des émissions nulles aux mines entièrement inondées, mais de les indiquer explicitement.

Pour le calcul des émissions, les mines sont considérées comme non inondées à moins qu’il n’existe des données spécifiques. Des experts de la province de l’Alberta ont signalé que la majorité des mines sont inondées, mais ils n’avaient connaissance d’une telle inondation qu’au musée de la mine Bellevue. Par conséquent, seules les douze mines abandonnées situées à peu de distance du musée de la mine Bellevue — laquelle a été fermée il y a plus de vingt ans — ont été considérées comme inondées. Pour la Nouvelle-Écosse, des experts provinciaux du ministère de l’Environnement¹ ont confirmé que les mines souterraines ont commencé à se remplir d’eau dès l’arrêt des pompes et que toutes les mines étaient inondées à la fin de l’été 2013. Le Tableau A3.2-4 caractérise le statut (inondée ou non inondée) des mines abandonnées pour toutes les régions du Canada où il y a des mines souterraines de charbon.

Les valeurs par défaut du GIEC au Tableau A3.2-2 ont servi à estimer le pourcentage de mines gazeuses dans chaque région et intervalle de temps. Pour toutes les régions du Canada, sauf la Saskatchewan, les valeurs par défaut élevées ont été retenues.

Dans le cas de la Saskatchewan, la valeur par défaut basse du GIEC a été appliquée, pour diverses raisons : temps écoulé depuis l’abandon, type de lignite, petite taille des mines et faible profondeur (mines souvent creusées à même une faible colline depuis le lit d’un cours d’eau). En outre, lors d’une opération de sécurité publique, toutes les entrées des mines ont été recouvertes ou scellées. Hollingshead (1990) avait déjà fait état de la nature non gazeuse de ces mines.

Tableau A3.2-4 Niveau 2/3 du GIEC – Mines de charbon souterraines abandonnées, 2021

Région	Nombre de mines de charbon abandonnées ^a	Nombre de mines de charbon abandonnées inondées ^b
NS ^c	281	281
SK ^d	245	0
AB	855	13
BC	51	0
CANADA	1 432	294

Notes :

- a. Ne comprend que les mines qui produisaient plus de 0,5 kilotonne
- b. Quand il n’y avait pas de données disponibles, les mines étaient considérées comme non inondées
- c. Des estimations de niveau 2 et 3 ont été employées pour la Nouvelle-Écosse
- d. L’estimation relative aux mines de lignite de la Saskatchewan utilise un coefficient d’émission de niveau 2 du GIEC pour le charbon de type subbitumineux, calculé pour chaque intervalle de temps (voir GIEC [2006], 4.27, équation 4.1.12).

1 Ministère de l’Environnement de la Nouvelle-Écosse. 2015. Communication personnelle (courriel daté du 16 novembre 2015 de M. Miller, analyste des politiques, ministère de l’Environnement de la Nouvelle-Écosse, à W. Baker, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada).

Données sur les activités

Ce modèle utilise des données obtenues de l'industrie et des autorités provinciales et fédérales. Le manque général de sources d'information détaillées a influencé le choix des méthodes d'estimation, en empêchant l'incorporation de mesures vraisemblables, mais non confirmées touchant spécifiquement les émissions des mines inondées ou de mines particulières. Quand il n'existait pas de données précises sur la teneur en gaz, le statut d'inondation et les CE des mines, des hypothèses prudentes ont été faites. Comme il a été mentionné précédemment, en 2018, la mine Donkin en Nouvelle-Écosse a repris ses activités et n'est plus comprise dans les données liées aux mines abandonnées.

Émissions

Les résultats des émissions calculées pour les années retenues sont présentés dans le Chapitre 3. Par le passé, ce sont les mines abandonnées de la Nouvelle-Écosse qui ont contribué le plus aux émissions; les deux pics d'émissions observés en 1993 et 2000 correspondent à des fermetures de grandes mines dans cette province. Il y a eu deux abandons de mine récemment dans l'ouest du Canada, et les effets de ces fermetures sur les courbes de déclin du modèle sont visibles pour les années de déclaration les plus récentes.

A3.2.2. Pétrole et gaz naturel

A3.2.2.1. Production de pétrole et de gaz en amont

Les émissions fugitives attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz naturel en amont (PGA) sont estimées à l'aide des méthodes suivantes, selon la source des émissions et la disponibilité des données dans la province ou le territoire :

- **Estimation directe** : lorsque c'est possible, les émissions sont estimées directement à partir des données volumétriques et des données détaillées sur la composition des gaz qui sont déclarées par les installations. Cette méthode s'applique aux émissions d'évacuation déclarées en Alberta et en Saskatchewan, et aux émissions causées par le torchage en Alberta, en Saskatchewan et à Terre-Neuve-et-Labrador (voir la section A3.2.2.1.2) ainsi qu'aux émissions liées à l'évacuation de gaz par les tubages de surface en Alberta et en Colombie-Britannique (voir la section A3.2.2.1.4).
- **Modélisation** : lorsque les données des installations ne sont pas disponibles, les émissions sont modélisées à partir des données annuelles sur le nombre d'installations, le nombre moyen de composantes par installation, la composition des gaz, et les CE associés à ces composantes. Cette méthode s'applique aux émissions associées aux appareils pneumatiques, aux joints d'étanchéité des compresseurs, et aux fuites provenant de l'équipement en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba (voir la section A3.2.2.1.3).
- **Interpolation et extrapolation** : les études ayant produit des inventaires détaillés en 2000, 2005 et 2011 servent de base d'extrapolation et d'interpolation pour les années où il n'y a pas de données détaillées, en fonction des changements dans les diverses données sur les activités. Cette méthode s'applique à toutes les autres sources d'émissions fugitives et aux provinces et territoires non mentionnés ci-dessus (voir la section A3.2.2.1.1).

Le Tableau A3.2–5 dresse la liste des catégories de secteur d'émission et de sources fugitives estimées ainsi que la répartition de ces émissions conformément aux catégories du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR).

A3.2.2.1.1. Études PGA et ACP

Sauf indication contraire, le calcul des émissions fugitives attribuables à l'industrie du PGA est fondé sur deux études distinctes : l'étude intitulée *A National Inventory of Greenhouse Gas, Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (ACPP, 2005a) préparée par Clearstone Engineering pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP), et ci-après appelée l'étude ACP, et une mise à jour de l'inventaire effectuée en 2014 pour Environnement Canada par Clearstone Engineering Ltd. et ci-après appelée l'étude PGA (EC, 2014). Les deux inventaires ont eu recours à une évaluation ascendante de niveau 3 du GIEC pour estimer toutes les émissions de GES attribuables au secteur du PGA, à l'exception de l'extraction et de la valorisation des sables bitumineux. L'étude ACP a produit un inventaire détaillé des émissions pour l'année 2000, tandis que l'étude PGA a donné des inventaires pour les années 2005 et 2011.

Tableau A3.2-5 Répartition des émissions de l'inventaire du secteur du PGA selon les catégories d'émissions fugitives du CUPR

Catégorie du CUPR	Catégories de secteur d'émission	Catégories de source d'émission
1.B.2.a.2 Pétrole – Production	Production de pétrole brut léger/moyen	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Production à froid de pétrole brut lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Entretien de puits	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage
	Production thermique de pétrole brut lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Traitement et élimination des déchets	Fuites fugitives provenant de l'équipement
	Accidents et défaillances d'équipement	Migration des gaz; Évacuation de gaz par les tubages de surface
1.B.2.a.3 Pétrole – Transport	Transport de liquides pétroliers	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Pertes de stockage
1.B.2.b.2 Gaz naturel – Production	Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage; Évacuation de gaz par les tubages de surface
	Essai de puits	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage
1.B.2.b.3 Gaz naturel – Traitement	Traitement du gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Chargement/déchargement; Pertes de stockage
1.B.2.b.4 Gaz naturel – Transport et stockage	Transport du gaz; stockage du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Déversements/Ruptures de pipeline
1.B.2.b.5 Gaz naturel – Distribution	Distribution du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement; Déversements/Ruptures de pipeline
1.B.2.b.6 Gaz naturel – Autre – Accidents et défaillances d'équipement	Accidents et défaillances d'équipement	Déversements/ruptures de pipeline
1.B.2.c.1.i Évacuation – Pétrole	Production de pétrole brut léger/moyen	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Production à froid de pétrole brut lourd	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Production thermique de pétrole brut lourd	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Transport de liquides pétroliers	Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
1.B.2.c.1.ii Évacuation – Gaz naturel	Production de gaz naturel	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Traitement du gaz naturel	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Rejet de CO ₂ des gisements; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Transport du gaz	Évacuation déclarée
	Distribution du gaz	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Stockage du gaz	Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
1.B.2.c.1.iii Évacuation – Combiné	Forage de puits; Entretien de puits	Évacuation déclarée
	Essai de puits	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol; Évacuation déclarée; Évacuation non déclarée ^a
	Élimination et traitement des déchets	Évacuation non déclarée ^a
1.B.2.c.2.i Torchage – Pétrole	Production de pétrole brut léger/moyen; Production de pétrole brut lourd; Production thermique de pétrole brut lourd; Transport de liquides pétroliers	Torchage
1.B.2.c.2.ii Torchage – Gaz naturel	Production de gaz naturel; Traitement du gaz naturel; Transport du gaz; Stockage du gaz; Distribution du gaz	Torchage
1.B.2.c.2.iii Torchage – Combiné	Forage de puits; Entretien de puits; Essai de puits; Élimination et traitement des déchets	Torchage

Note :

a. Selon l'année de déclaration et la province ou le territoire, l'évacuation non déclarée peut comprendre les émissions des régulateurs pneumatiques, des pompes pneumatiques, des joints d'étanchéité des compresseurs, des gaz d'amorçage des compresseurs et des essais en cours de forage de puits. Voir la section A3.2.2.1.5 pour en savoir plus.

En général, les inventaires des émissions pour les années 2000, 2005 et 2011 ont été directement utilisés, sauf dans quelques cas particuliers. Si une source précise n'existait pas dans l'une des années d'inventaire (p. ex., l'inventaire de 2000) en raison d'un manque de données, mais qu'elle existait dans une autre année d'inventaire (p. ex., l'inventaire de 2005), alors les émissions de cette source particulière étaient extrapolées à partir des émissions de l'année connue et incluses dans l'inventaire pour lequel les données étaient manquantes, à des fins d'exhaustivité. Voici une brève description de la méthodologie employée dans les études ACPP et PGA, avec la méthodologie ayant servi à estimer les émissions de 1990–1999, 2001–2004, 2006–2010 et à partir de 2012.

Méthodologie pour les estimations de 2000, 2005 et 2011

Les estimations d'émissions contenues dans les études ACPP et PGA ont été obtenues à l'aide d'une approche ascendante, qui débutait au niveau des installations et des processus et cumulait les résultats en vue de produire des estimations par installation et par région géographique. Les actifs et les activités du secteur canadien du PGA sont impressionnants : l'inventaire de 2011 comprenait plus de 300 000 puits de pétrole et de gaz exploitables, 14 100 unités gazières raccordées à plus de 5 000 systèmes de collecte qui alimentent près de 750 usines de gaz, et 24 000 unités pétrolières alimentant 150 terminaux pétroliers, le tout étant interrelié par des dizaines de milliers de kilomètres de pipelines qui transportent les hydrocarbures des puits aux unités, aux usines et enfin aux marchés.

Les émissions résultant du torchage, de l'évacuation, des fuites provenant de l'équipement, des rejets de CO₂ du gisement, des pertes de stockage, des pertes de chargement/déchargement et des fuites accidentelles ont été estimées.

Voici les méthodes de base qui ont été utilisées pour l'estimation des émissions de GES :

- résultats du contrôle des émissions
- résultats de simulations des sources d'émissions
- coefficients d'émission
- rendements de destruction et d'élimination

Pour estimer les émissions, de vastes quantités de données ont été recueillies, notamment :

- volumes de gaz naturel mesurés à partir des procédés
- volumes de gaz de combustion évacués et brûlés par torchage
- achats de combustibles (propane, carburant diesel, etc.)
- analyses des combustibles
- résultats du contrôle des émissions
- conditions d'exploitation des procédés pouvant être utilisés pour déterminer le travail effectué par les dispositifs de combustion (composition des gaz, température, pression et flux, etc.)
- rapports de déversement et d'inspection

Les données suivantes ont aussi été utilisées :

- types de procédés utilisés
- inventaires d'équipements
- caractéristiques de contrôle des sources d'émissions
- teneur en soufre des combustibles brûlés et des gaz de combustion brûlés par torchage
- composition des flux d'entrée et de sortie

Pour plus de détails, consulter les études ACPP (ACPP, 2005a) et PGA (EC, 2014).

Méthodologie employée pour extrapoler les estimations d'émissions

La méthode permettant d'extrapoler les émissions d'une année d'inventaire connue à d'autres années non inventoriées a été mise au point par Clearstone Engineering Ltd. (ACPP, 2005b). Cette méthode a servi à faire une analyse rétrospective des estimations d'émissions de 2000 pour la période 1990–1999, à extrapoler l'inventaire 2011 aux années 2012 et suivantes et, par l'application concomitante d'autres méthodes d'ajustement de courbe, à interpoler les périodes chronologiques 2001–2004 et 2006–2010.

L'Équation A3.2–5 sert à estimer les émissions des années non inventoriées en multipliant les données d'émissions de l'année de base d'une source et d'un secteur donnés par le ratio qui existe entre les données sur les activités de l'année non inventoriée et les données sur les activités de l'année de base. Divers types de données d'activités sont utilisés pour chaque province et territoire, et année, telles que les volumes de production de gaz naturel et de pétrole brut, les gaz de combustion, brûlé par torchage et évacué, le nombre de puits forés, le nombre de déversements, de ruptures et d'éruptions, le nombre total de puits de pétrole et de gaz exploitables, et la perte d'extraction. Les données sur les activités ne sont pas nécessairement disponibles pour toutes les années ou pour toutes les régions. Les données pour les sources d'émissions de secteurs et de régions précises ont été extrapolées à partir des données sur les activités les plus pertinentes. Lorsque les données sur les activités n'étaient pas disponibles pour toute la série chronologique, la méthode employée pour interpoler les valeurs des années intermédiaires décrite plus loin dans cette section a été utilisée afin de présenter une série chronologique cohérente.

Le Tableau A3.2–6 présente la liste des données sur les activités accessibles au public qui ont été utilisées pour extrapoler les données sur les émissions ainsi que les sources de données correspondantes. Le Tableau A3.2–7 comprend une liste de données sur les activités utilisées pour estimer les émissions produites par le torchage dans chaque région, chaque catégorie de secteur et chaque période; le Tableau A3.2–8 contient les mêmes renseignements, mais pour les émissions d'évacuation déclarées. Le Tableau A3.2–9 présente les données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions de toutes les autres sources fugitives PGA, telles que les fuites fugitives provenant de l'équipement, les émissions d'évacuation non déclarées², les pertes durant le stockage, etc.

Équation A3.2–5

$$TE_{i,j}^k = TE_{i,j}^{an\,réf} \times \left(\frac{CA_j^k}{CA_j^{an\,réf}} \right)$$

$TE_{i,j}^k$	=	taux d'émission du composé i , à la source j pendant l'année k (t/an)
$TE_{i,j}^{an\,réf}$	=	taux d'émission du composé i , à la source j pendant l'année de base (p. ex., 2011) (t/an)
CA_j^k	=	coefficient d'activité pour la source j et l'année k
$CA_j^{an\,réf}$	=	coefficient d'activité de l'année de base (p. ex., 2011) pour la source j

Les émissions de la période 1990–1999 ont été rétrospectivement extrapolées par secteur et par source au niveau provincial, à partir des estimations d'émissions pour l'année 2000 de l'étude ACPP (ACPP, 2005a). Unique exception : la province de la Nouvelle-Écosse, qui n'a produit que du pétrole entre 1992 et 1999, alors qu'en 2000, elle a produit exclusivement du gaz. Dans ce contexte, les données de l'année 2000 n'ont pas pu être utilisées pour estimer les émissions de la période 1990–1999, et les émissions fugitives de la Nouvelle-Écosse ont été extrapolées à partir des données de l'étude PGA de l'ACPP en 1995 (ACPP, 1999). Pour plus de détails, se reporter à l'étude PGA (ACPP, 2005a).

Les émissions pour 2012 et les années suivantes ont été extrapolées à l'aide des émissions par secteur et par source au niveau provincial/territorial, à partir des estimations d'émissions pour l'année 2011 de l'étude PGA (EC, 2014).

Méthodologie pour 2001–2004 et 2006–2010

Afin d'estimer les émissions des périodes 2001–2004 et 2006–2010, les inventaires des trois années de base (2000, 2005 et 2011) ont été extrapolés pour la période 2000–2011 en appliquant la méthode décrite précédemment. Trois courbes ont ainsi été obtenues, avec l'aide desquelles les années intermédiaires ont été interpolées en utilisant une méthode de « calage » ou une méthode d'« ajustement proportionnel », selon la situation. C'est généralement la méthode de « calage » qui a été appliquée, sauf lorsqu'elle donnait des estimations d'émissions négatives pour une quelconque année de la période chronologique. Moins de 0,3 % des cas ont nécessité l'application de la méthode d'« ajustement proportionnel ».

2 Les émissions d'évacuation non déclarées comprennent les émissions produites par les procédés ou l'équipement qui ne sont habituellement pas déclarées dans les volumes d'évacuation. Selon l'année de déclaration et la province ou le territoire, il peut s'agir des émissions des dispositifs pneumatiques (p. ex., pompes à injection de produits chimiques ou instruments fonctionnant au gaz naturel), des joints d'étanchéité des compresseurs, de gaz d'amorçage des compresseurs, de gaz de purge et de gaz tampon évacué directement dans l'atmosphère ainsi que de gaz évacué lors des essais en cours de forage. Pour en savoir plus, voir la section A3.2.2.1.5.

Tableau A3.2–6 **Données sur les activités requises et leurs sources**

Origine	Publication	Données sur les activités
Alberta Energy Regulator (AER)	ST60B: Upstream Petroleum Industry Flaring and Venting Report (AER, 2000–2021)	Volume d'émissions d'évacuation et de torchage déclarées
	ST3: AER Industries Monthly Statistics, Gas Supply and Disposition (AER, 2022a)	Pertes
	Alberta's Energy Reserves and Supply/Demand Outlook (AER, 2022b)	Production de bitume in situ
	AER Compliance Dashboard (AER, 2022c)	Nombre d'incidents
Gouvernement de la Colombie-Britannique	Production and distribution of natural gas (BC, 2019)	Volume d'émissions d'évacuation déclarées Pertes
British Columbia Oil and Gas Commission	Drilling Kicks and Blowouts by Area (BCOGC, 2022a)	Cumul des venues et des éruptions
	Air Summary Report (BCOGC, 2019)	Volumes d'émissions de torchage déclarées
	Petrinex Volumetric Data (BCOGC, 2022b)	Volume d'émissions d'évacuation et de torchage déclarées Pertes
Régie de l'énergie du Canada (REC)	Avenir énergétique du Canada (REC, 2022)	Production de gaz non associé
Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTLHE)	Puits de développement – Hebron (OCTLHE, 2017–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – Hibernia (OCTLHE, 1997–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – North Amethyst (OCTLHE, 2010–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – Terra Nova (OCTLHE, 2002–)	Nombre de puits exploitables
	Puits de développement – White Rose (OCTLHE, 2005–)	Nombre de puits exploitables
	Statistiques sur l'environnement – Fréquence et volume des déversements – Résumé annuel (OCTLHE, 2022a)	Nombre de déversements
Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP)	Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry (CAPP, 2022)	Nombre total de puits forés (y compris puits improductifs et puits de service) (tableaux 1.2b — 1.2f) Cumul des puits de pétrole en exploitation (tableau 3.17a) et des puits de gaz en exploitation (tableau 3.18a)
Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba	Petroleum Industry Spill Statistics (MBRNDN, 2022a)	Nombre de déversements
Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick	Statistiques mensuelles sur la production du pétrole et du gaz (NBRNDÉ, 2022)	Production de pétrole brut léger/moyen Production de gaz naturel
Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan	Crude Oil Volume and Value Summary (SKER, 2012– [a])	Production de pétrole brut léger/moyen Production de pétrole brut lourd
	Natural Gas Volume and Value Summary (SKER, 2012– [b])	Production de gaz non associé
	Saskatchewan Upstream Oil and Gas IRIS Incident Report (SKER, 2022)	Nombre de déversements
	Saskatchewan Annual Petroleum Statistics (SKER, 2009–2011)	Pertes
	Saskatchewan Mineral Statistics Yearbook, Petroleum and Natural Gas (SKER, 1990–2008)	Pertes
Statistique Canada	Tableau 25-10-0047-01 (anciennement CANSIM 131-0001) – Gaz naturel, approvisionnements et utilisations, mensuel (Statistique Canada, sans date [a])	Production brute Gaz brûlé sur les chantiers et pertes Emploi et utilisation sur les chantiers Utilisation et élimination des systèmes de collecte Utilisations dans les usines Pertes
	Tableau 25-10-0055-01 (anciennement CANSIM 131-0004) – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel (Statistique Canada, sans date [b])	Prélèvements bruts
	Tableau 25-10-0014-01 (anciennement CANSIM 126-0001) – Pétrole brut et équivalents, approvisionnement et utilisation, mensuel (Statistique Canada, sans date [c])	Production de pétrole brut lourd Production de pétrole brut léger/moyen Production de pétrole brut synthétique Production de bitume naturel
	Tableau 25-10-0063-01 (anciennement CANSIM 126-0003) – Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent (Statistique Canada, sans date [d])	Production de pétrole brut lourd Production de pétrole brut léger/moyen Production de pétrole brut synthétique Production de bitume naturel non valorisé
	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (Statistique Canada, 1990–)	Ventes totales de PPR au détail à la pompe

Calage

La méthode de « calage » répartit uniformément entre une année inventoriée et une année extrapolée la différence des émissions d'une source et d'un secteur donnés dans une province donnée, afin de préserver la tendance des émissions. L'Équation A3.2–6 est utilisée.

Équation A3.2–6

$$TE_{ij}^k = TE_{ij}^{k,k1_exp} + \frac{(TE_{ij}^{k2_inv} - TE_{ij}^{k2,k1_exp})}{(k2 - k1)} \times (k - k1)$$

$TE_{i,j}^k$	=	taux d'émission du composé i à la source j durant l'année k
$TE_{i,j}^{k,k1_exp}$	=	taux d'émission du composé i à la source j à partir des données extrapolées de l'année $k1$
$TE_{i,j}^{k2_inv}$	=	taux d'émission du composé i à la source j à partir des données inventoriées de l'année $k2$
$TE_{i,j}^{k2,k1_exp}$	=	taux d'émission du composé i à la source j durant l'année $k2$ à partir des données extrapolées de l'année $k1$
k	=	année entre $k1$ et $k2$
$k1$	=	année de base 1 (2000 ou 2005)
$k2$	=	année de base 2 (2005 ou 2011)

Tableau A3.2–7 Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions produites par le torchage par région et par année

Région	Catégorie de secteur d'émissions	Période	Données sur les activités	Période	Données sur les activités	
AB	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–1999	Gaz brûlé sur le terrain et pertes	2000–2009	Torchage – unités pétrolières	
	Production à froid de pétrole brut lourd				Torchage – unités pétrolières + unités de bitume	
	Production thermique de pétrole brut lourd				Torchage – unités de bitume	
	Production de gaz naturel				Torchage – unités gazières + systèmes de collecte de gaz	
	Traitement du gaz naturel				Torchage – usines de gaz	
	Mise à l'essai des puits				Torchage – mise à l'essai des puits	
	Transport de liquides pétroliers				Torchage – total	
	Élimination et traitement des déchets				Torchage – total	
BC	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–1995	Gaz brûlé sur le terrain et pertes	1996–2021	Torchage – gaz dissous	
	Production de gaz naturel				Torchage – installations de production	
	Traitement du gaz naturel				Torchage – usines de traitement du gaz naturel	
	Mise à l'essai des puits		Puits forés		Torchage – nettoyage et mise à l'essai des puits	
	Forage de puits				Torchage – forage en sous-pression	
SK	Production thermique de pétrole brut lourd	1990–2000	Gaz brûlé sur le terrain et pertes	2001–2011	Torchage – pétrole lourd	
MB, NB, NT	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–2021	Production de pétrole brut léger/moyen			
NB, NS, ON, YT	Production de gaz naturel	1990–2021	Production de gaz naturel			
NT	Traitement du gaz naturel	1990–2021	Gaz brûlé sur le terrain et pertes			
NS, ON	Traitement du gaz naturel	1990–2021	Production de gaz naturel			
BC, ON, SK	Transport de liquides pétroliers	1990–2021	Production totale de brut			
AB	Entretien de puits	1990–2021	Puits forés			
SK	Mise à l'essai des puits	1990–2021	Puits forés			

Tableau A3.2–8 **Données sur les activités utilisées pour extrapoler les émissions d'évacuation déclarées par région et par année**

Région	Catégorie de secteur d'émissions	Période	Données sur les activités	Période	Données sur les activités
AB	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–1999	Production de pétrole brut léger/moyen	2000–2009	Évacuation – unités pétrolières
	Production à froid de pétrole brut lourd		Production de pétrole brut lourd		Évacuation – unités pétrolières + unités de bitume
	Production thermique de pétrole brut lourd		Production thermique in situ		Évacuation – unités de bitume
	Production de gaz naturel		Production de gaz naturel		Évacuation – unités gazières + systèmes de collecte de gaz
	Traitement du gaz naturel		Production de gaz naturel		Évacuation – usines de gaz
	Mise à l'essai des puits		Puits forés		Évacuation – mise à l'essai des puits
	Transport de liquides pétroliers		Production totale de brut		Évacuation – total
BC	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–2010	Production de pétrole brut léger/moyen	2011–2021	Évacuation sur le terrain
	Production de gaz naturel		Production de gaz naturel		Évacuation sur le terrain
	Traitement du gaz naturel		Production de gaz naturel		Production de gaz naturel
SK	Production à froid de pétrole brut lourd	1990–2004	Production de pétrole brut lourd	2005–2011	Évacuation – pétrole lourd
	Production thermique de pétrole brut lourd		Production de pétrole brut lourd		Évacuation – pétrole lourd
MB	Production de pétrole brut léger/moyen	1990–2021	Production de pétrole brut léger/moyen		
NT	Traitement du gaz naturel	1990–2021	Production de gaz naturel		
AB, SK, BC	Entretien de puits, forage de puits	1990–2021	Puits forés		

Si k_1 est égal à 2005, k_2 est égal à 2011 et k est égal à k_1 , alors le résultat de l'Équation A3.2–6 est le taux d'émission de l'année inventoriée 2005. Il en est ainsi parce que les données extrapolées de 2005 utilisent sans modification les données inventoriées de 2005 pour l'année 2005. Si k est égal à k_2 , alors le résultat est le taux d'émission provenant de l'année d'inventaire 2011. Cela montre que cette méthode maintiendra les estimations d'émissions pour les années d'inventaire, tout en interpolant les années intermédiaires et en maintenant la tendance d'émissions.

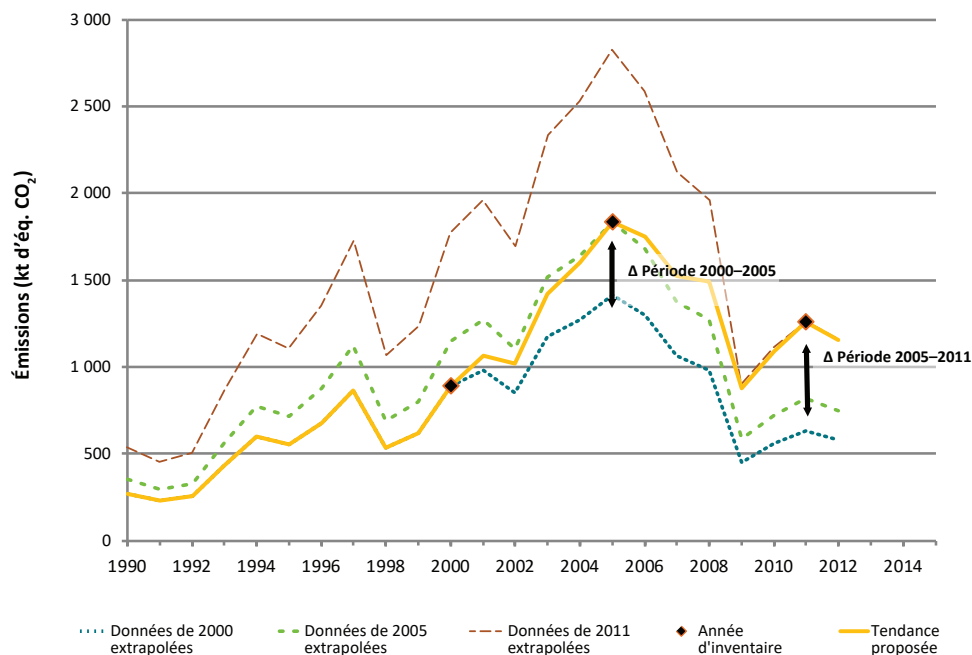
La Figure A3.2–1 illustre sous forme graphique les résultats de la méthode de « calage ». En général, les années d'inventaire 2000 et 2005 servent à interpoler les émissions par secteurs, par source et par province et territoire pour la période 2001–2004, alors que les années d'inventaire 2005 et 2011 servent à interpoler les émissions pour la période 2006–2010. Il y a cependant quelques situations particulières où les années d'inventaire 2000 et 2011 servent à interpoler les émissions de la période 2001–2010. C'est le cas lorsque l'absence ou l'insuffisance de données pour l'année 2005 empêchait l'estimation de combinaisons spécifiques secteur-source-province et territoire pour l'inventaire 2005. En outre, à la lumière de conversations tenues avec l'entrepreneur et des représentants de la Saskatchewan, il a été jugé non fiables les données de l'inventaire 2005 relatives aux volumes de gaz évacués en Saskatchewan dans le secteur de la production à froid de pétrole brut lourd. Par conséquent, les émissions ont été interpolées pour cette source et ce secteur à l'aide des données de 2000 et 2011, en omettant les données de 2005.

Enfin, si une source et un secteur en particulier, dans une province ou un territoire donné, n'existaient que dans une des années inventoriées, alors les données d'inventaire étaient extrapolées à toute la série chronologique, de manière à assurer la cohérence de cette dernière.

Tableau A3.2-9 Données sur les activités utilisées pour extrapoler les autres émissions fugitives par région pour toutes les années

Catégorie de secteur d'émissions	Catégorie de source d'émission	Région	Données sur les activités
Accidents et défaillances d'équipement	Déversements/ruptures de pipeline	Toutes	Nombre total de déversements, de ruptures et d'éruptions
Accidents et défaillances d'équipement	Migration des gaz	Toutes	Nombre total de puits de pétrole et de gaz exploitables
Accidents et défaillances d'équipement	Évacuation de gaz par les tubages de surface	MB, NL, NS, NT, ON, SK, YT	Nombre total de puits de pétrole et de gaz exploitables
Production de pétrole brut léger/moyen	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées – appareils pneumatiques Émissions d'évacuation non déclarées – joints d'étanchéité des compresseurs	NB, NL, NS, NT, ON	Production de pétrole brut léger/moyen
	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Pertes durant le stockage Autres émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Production de pétrole brut léger/moyen
Production à froid de pétrole brut lourd	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Pertes durant le stockage Autres émissions d'évacuation non déclarées	AB, SK	Production de pétrole brut lourd
Production thermique de pétrole brut lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Pertes de stockage Émissions d'évacuation non déclarées	AB	Production du bitume in situ
		SK	Production de pétrole brut lourd
Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées – appareils pneumatiques Émissions d'évacuation non déclarées – joints d'étanchéité des compresseurs	NB, NL, NS, NT, ON, YT	Production de gaz naturel
	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Pertes durant le stockage	AB, BC, SK	Production de gaz non associé
		Toutes les autres provinces	Production de gaz naturel
Traitement du gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées – appareils pneumatiques Émissions d'évacuation non déclarées – joints d'étanchéité des compresseurs	NL, NS, NT, ON, YT	Production de gaz naturel
	Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes de chargement/déchargement Pertes durant le stockage Autres émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Production de gaz naturel
	Rejets de CO ₂ des gisements	Toutes	Pertes
Élimination et traitement des déchets	Fuites fugitives provenant de l'équipement Pertes durant le stockage Émissions d'évacuation non déclarées	AB	Production totale de brut
Transport de liquides pétroliers	Fuites fugitives provenant de l'équipement Pertes durant le stockage Émissions d'évacuation non déclarées	PE et QC	Ventes totales de PPR au détail à la pompe
		Toutes les autres provinces	Production totale de brut
Entretien de puits Mise à l'essai de puits	Fuites fugitives provenant de l'équipement Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Pertes durant le stockage Pertes de chargement/déchargement Émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Puits forés
Stockage du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement Émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Gaz naturel en provenance et à destination du stockage
Transport du gaz Distribution du gaz	Fuites fugitives provenant de l'équipement Dégagement gazeux de déshydrateur au glycol Déversements/ruptures de pipeline Émissions d'évacuation non déclarées	Toutes	Kilomètres de pipelines

Figure A3.2-1 Représentation graphique de la méthode du « calage »



Ajustement proportionnel

Comme indiqué précédemment, si la méthode du « calage » donnait des émissions négatives durant une quelconque année de la période d'interpolation, la méthode a été abandonnée pour ce secteur, source ou province et territoire au profit de la méthode d'« ajustement proportionnel », indiquée à l'Équation A3.2-7.

Équation A3.2-7

$$TE_{i,j}^k = TE_{i,j}^{k,k1_exp} \times \frac{(TE_{i,j}^{k2_inv})}{(TE_{i,j}^{k2,k1_exp})}$$

$TE_{i,j}^k$	=	taux d'émission du composé i à la source j durant l'année k
$TE_{i,j}^{k,k1_exp}$	=	taux d'émission du composé i à la source j à partir des données extrapolées de l'année $k1$
$TE_{i,j}^{k2_inv}$	=	taux d'émission du composé i à la source j à partir des données inventoriées de l'année $k2$
$TE_{i,j}^{k2,k1_exp}$	=	taux d'émission du composé i à la source j durant l'année $k2$ à partir des données extrapolées de l'année $k1$
k	=	année entre $k1 + 1$ et $k2$
$k1$	=	année de base 1 (2000 ou 2005)
$k2$	=	année de base 2 (2005 ou 2011)

Si $k1$ est égal à 2005, $k2$ est égal à 2011 et k est égal à $k1$, alors le résultat de l'Équation A3.2-7 est le taux d'émission de l'année inventoriée 2011. Autrement, le taux d'émission des données extrapolées est modifié par le même pourcentage, pour chaque année de la période interpolée. Il a fallu appliquer cette méthode dans moins de 0,3 % des cas, en général uniquement pour les sources à très faibles émissions.

Méthodologie

Les émissions d'évacuation et de torchage déclarées en Alberta depuis 2010 et en Saskatchewan depuis 1990 ainsi que les émissions de torchage déclarées depuis 1997 pour Terre-Neuve-et-Labrador sont estimées directement plutôt qu'extrapolées à partir des études ACPP et PGA (ACPP, 2005a; EC, 2014).

En Alberta, les volumes de gaz évacués et torchés par exploitant et installation déclarés dans le système de Petrinex (Petrinex, 2022a) sont utilisés en conjonction avec les données sur la composition des gaz par canton (Tyner et Johnson, 2020) pour estimer les émissions. Toutefois, les données publiques de Petrinex (2022a) ne comprennent pas les installations confidentielles. Le rapport *ST60B : Upstream Petroleum Industry Flaring and Venting Report* (AER, 2000) est publié chaque année par l'Alberta Energy Regulator (AER). Il constitue une synthèse des volumes de gaz évacués et torchés déclarés, y compris ceux déclarés par les installations absentes des données publiques de Petrinex. Afin de bien tenir compte des volumes complets de gaz évacués et torchés, les volumes de gaz et les émissions associées sont ajustés pour correspondre aux volumes présentés dans le rapport ST60B. Il est à noter que les installations confidentielles représentent généralement de 1 à 2 % des volumes de gaz évacués et torchés déclarés.

Pour 2020 et les années ultérieures, les volumes évacués déclarés dans le système de déclaration OneStop de l'Alberta (AEP, 2022) servent à ajuster les émissions calculées à partir des volumes évacués déclarés à Petrinex. Voir la section A3.2.2.1.5 pour en savoir plus.

Les volumes de gaz évacués et torchés par exploitant et installation déclarés à Petrinex depuis 2012 (SKER, 2012– [c]; Petrinex, 2022b) et ceux se rapportant à des années antérieures qui sont accessibles dans d'autres publications (SKER, 1990–2008; 2009–2011) sont utilisés conjointement avec les données de composition des gaz par catégorie de production (SKER, 2021) pour estimer les émissions de la Saskatchewan.

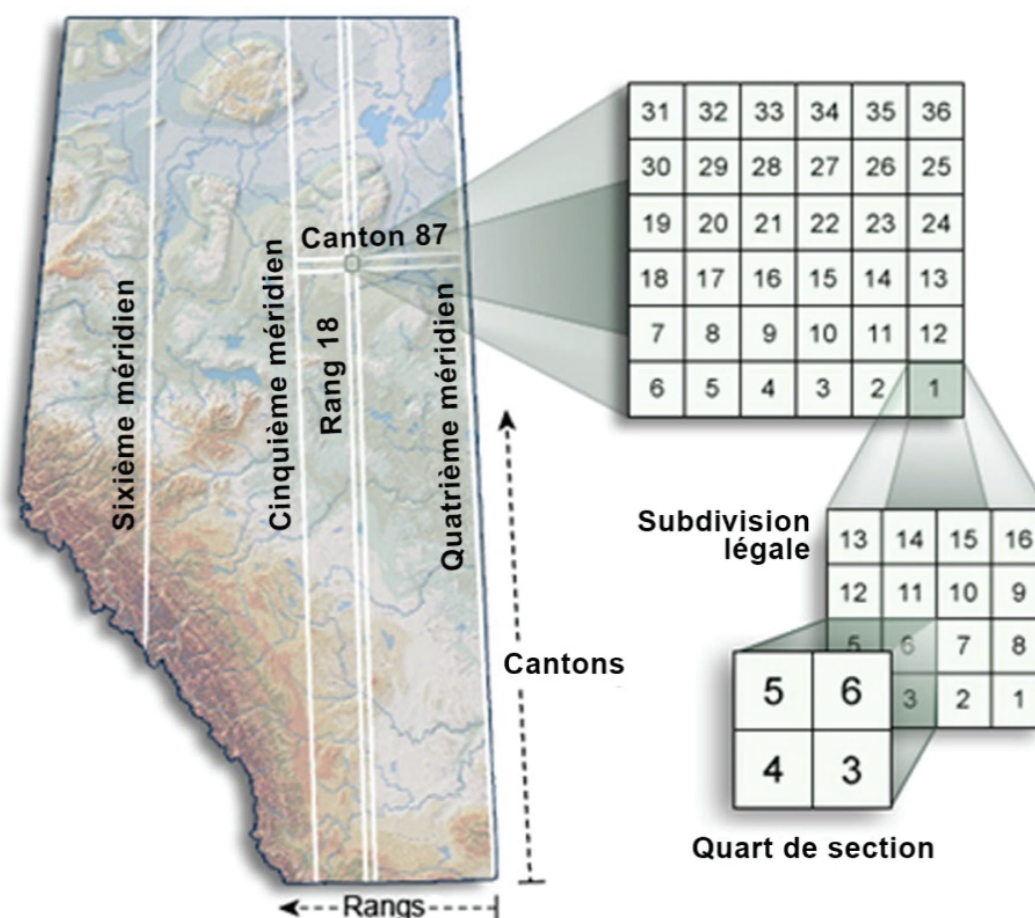
Les volumes de gaz torchés à Terre-Neuve-et-Labrador par installation de production extracôtière (OCTLHE, 2022b) sont déclarés à l'Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTLHE) et communiqués à Environnement et Changement climatique Canada dans le cadre d'une entente de partage de données. Il est possible d'obtenir les volumes mensuels de gaz torchés depuis le début de la production en novembre 1997. Lorsque l'on a pu le faire, les coefficients d'émissions annuelles de CO₂ et de CH₄ attribuables au torchage à l'échelle des installations ont été calculés selon les émissions causées par le torchage déclarées pour chaque installation au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, 2022a) et les volumes annuels de gaz torchés. En l'absence de données de ce programme, les CE de l'ACPP (2005a) ont été utilisés.

Données sur les activités

Le système de déclaration de Petrinex recueille diverses données sur la comptabilisation de la production volumétrique principalement en vue de percevoir des redevances. Les installations d'exploitation pétrolière et gazière de l'Alberta et de la Saskatchewan doivent déclarer diverses données à Petrinex tous les mois. Ces données comprennent des données de base pour chaque installation comme l'identification de l'installation, la classification du sous-type, le nom de l'installation, l'exploitant, l'emplacement géographique, etc. ainsi que les données volumétriques correspondant à un code de produit (p. ex., pétrole brut, bitume, pétrole lourd, eau, gaz) et code d'activité (p. ex., torche, événement, carburant, production, arrivages, élimination) particuliers.

Le système de l'*Alberta Township Survey* (ATS) fait suite à la méthode d'arpentage des terres fédérales (ATF), où toute parcelle de terrain dans l'ouest du Canada peut être localisée en fonction de sa description légale des terres. Dans l'ATS, les terres sont désignées comme étant à l'ouest du 4e, 5e ou 6e méridiens (110°, 114°, 118° de longitude ouest, respectivement). Les colonnes d'une largeur de six milles entre les méridiens sont appelées des rangs et sont numérotées de manière consécutive d'est en ouest. Les cantons sont des rangées d'une largeur de six milles qui recoupent les rangs et sont numérotés de manière consécutive du sud ou nord. Le terme canton décrit également le carré de six milles sur six milles que forme l'intersection des rangs et des cantons. Les cantons sont également subdivisés en 36 sections, et ces sections sont ensuite divisées en quarts (nord-est, nord-ouest, sud-est, sud-ouest), ou en 16 subdivisions légales (SL), comme indiqué dans la Figure A3.2–2.

Figure A3.2–2 Alberta Township System (ATS)



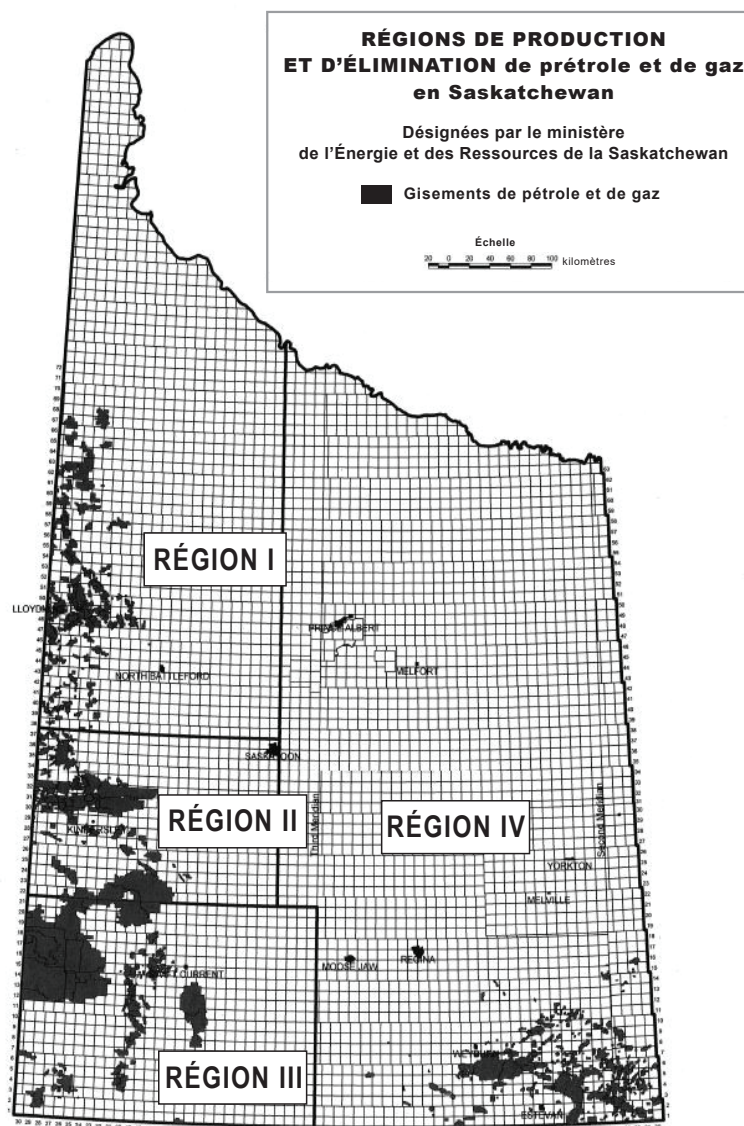
Note :
Source : Gouvernement de l'Alberta (2021)

La province de la Saskatchewan utilise également la méthode d'arpentage des terres fédérales (ATF) pour définir les parcelles de terres. Les cantons y sont regroupés en quatre régions de production de pétrole et de gaz naturel : la RÉGION I – Lloydminster, la RÉGION II – Kindersley, la RÉGION III – Swift Current, et la RÉGION IV – Estevan (voir la Figure A3.2–3).

Les volumes détaillés de gaz évacués et torchés à l'échelle des installations de la Saskatchewan sont disponibles depuis 2012 (SKER, 2012– [c]; Petrinex, 2022b), mais les données de 1990 à 2011 sont groupées en totaux provinciaux (SKER, 1990–2008; 2009–2011). Pour utiliser les données détaillées de composition, les volumes groupés doivent être scindés et répartis selon les quatre régions de production. Cette opération a été effectuée en calculant les rapports entre les volumes de gaz évacués et torchés déclarés et les volumes de production pour chacune des années pour lesquelles des données détaillées étaient disponibles (c.-à-d. de 2012 à 2020), puis en pondérant les volumes de production annuels, par région, au moyen de ces rapports dans la première partie de la série chronologique (SKER, 1990–2008; 2009–2011). Les volumes ainsi calculés ont été normalisés selon les volumes totaux provinciaux, afin de veiller à ce que les volumes estimés ne soient ni supérieurs ni inférieurs aux données déclarées.

Les volumes de gaz évacués lors de la collecte et du traitement des gaz n'étaient pas déclarés avant 2012. Par conséquent, les volumes estimés n'ont pu être normalisés en fonction des volumes déclarés entre 1990 et 2011, puisque ces données étaient inexistantes. De même, les volumes de gaz évacués déclarés aux installations pétrolières étaient faibles par rapport aux volumes de production de 1990 à 2006, au point d'être irréalistes. Ainsi, les volumes estimés n'ont pas non plus été normalisés selon les volumes déclarés pour cette période.

Figure A3.2-3 Zones de production pétrolière et gazière en Saskatchewan



Note :

Source : Gouvernement de la Saskatchewan (2021)

De plus, les volumes historiques de production de pétrole lourd ne font pas la distinction entre la production thermique et la production à froid. En raison du manque de données détaillées pour la première partie de la série chronologique, les émissions issues du torchage en lien avec la production thermique de pétrole brut lourd de 1990 à 2011 s'appuient toujours sur la méthode décrite à la section A3.2.2.1.1. De même, les émissions issues des gaz évacués pour la production thermique et la production à froid de pétrole brut lourd de 1990 à 2011 s'appuient elles aussi sur la méthode de la section A3.2.2.1.1.

Les volumes mensuels de gaz torchés à Terre-Neuve-et-Labrador déclarés par chacune des installations extracôtières, y compris Hibernia, Terra Nova, Sea Rose et Hebron, ont été utilisés pour calculer les émissions.

Coefficients d'émission

Afin de refléter la variabilité régionale dans la composition des gaz, les émissions de torchage et d'évacuation déclarées en Alberta sont estimées à l'aide de données sur la composition du gaz naturel de l'industrie albertaine du PGA analysées par l'Energy and Emissions Research Laboratory (EERL) de l'Université Carleton (Tyner et Johnson, 2020) (ci-après appelé l'étude EERL). L'étude EERL utilise les données mesurées sur la composition des gaz provenant d'environ 400 000 puits en Alberta qui ont été recueillies sur une période couvrant plusieurs décennies dans l'ensemble des nombreuses régions productrices de pétrole et de gaz de la province pour déterminer la composition du gaz par canton de l'Alberta (voir la Figure A3.2-4).

Les données de composition des gaz pour la Saskatchewan ont été fournies directement par le ministère de l'Énergie et des Ressources de la province (SKER, 2021). Elles sont divisées selon les catégories de production de la Saskatchewan, comme présentées dans le Tableau A3.2-10.

Figure A3.2-4 **Contenu en méthane par canton en Alberta avec certaines formations produisant du pétrole et du gaz**

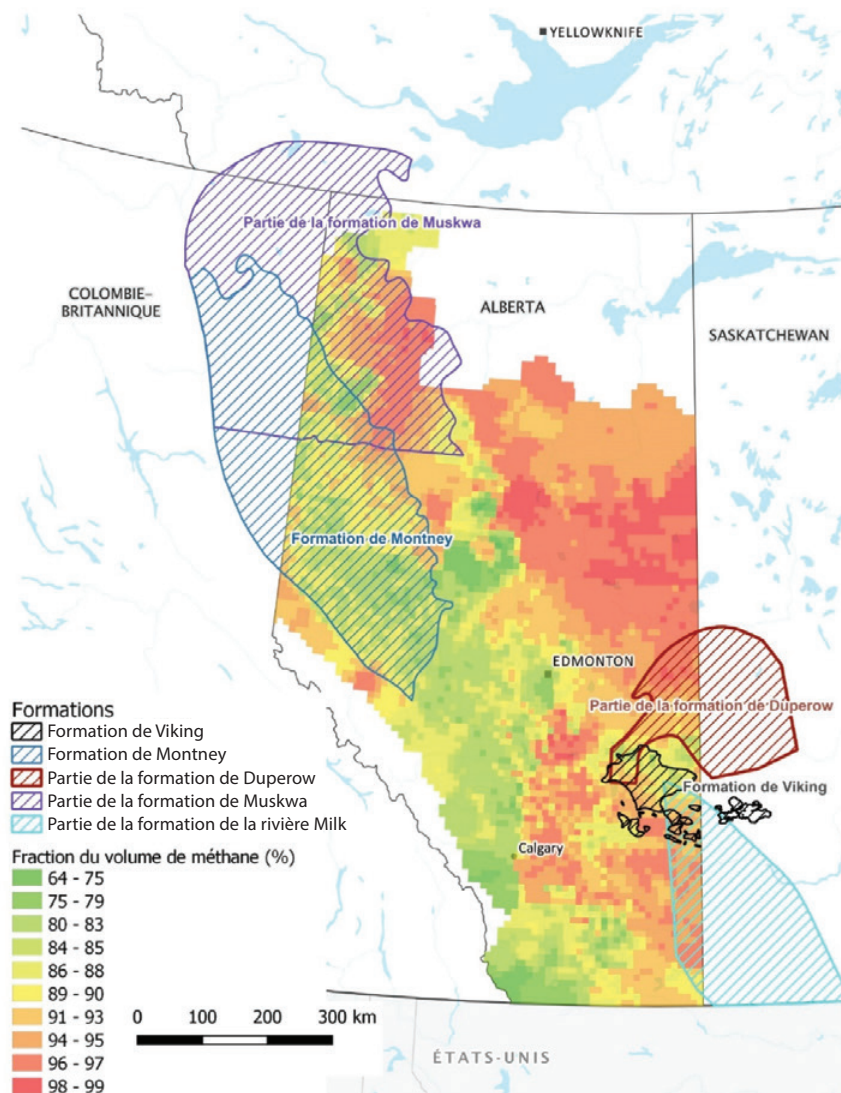


Tableau A3.2–10 **Composition moyenne du gaz naturel selon la catégorie de production de la Saskatchewan**

Catégorie de production de la Saskatchewan	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	C ₂ H ₆	COV	Densité (kg/m³)
	Pourcentage de la masse					
RÉGION I – Lloydminster	87,98	4,56	0,02	1,31	0,95	0,7233
RÉGION II – Kindersley (lourd)	82,72	2,04	0,54	3,82	7,84	0,7559
RÉGION II – Kinderlsey (non lourd)	67,22	0,33	0,00	3,15	24,23	0,8597
RÉGION III – Swift Current	66,68	2,50	0,42	2,47	17,98	0,8512
RÉGION IV – Estevan	35,55	2,55	1,82	17,59	36,17	1,1037

Les CE du CO₂, du CH₄ et d'oxyde de diazote (N₂O) pour le torchage sont calculés au moyen des données de composition des gaz, selon l'Équation A3.2–8, l'Équation A3.2–9 et l'Équation A3.2–10, respectivement. Les CE calculés sont ensuite multipliés par les données volumétriques (Petrinex, 2022a; SKER, 2012– [c]; Petrinex, 2022b) afin d'estimer les émissions. De même, les émissions de CO₂ et de CH₄ attribuables à l'évacuation déclarée sont estimées au moyen de l'Équation A3.2–11.

Équation A3.2–8

$$CE_{CO_2,i} = \sum_j \frac{y_{i,j} \times n_{c,j} \times MM_{CO_2}}{V_{TPN}} \times g_c$$

- $CE_{CO_2,i}$ = coefficient d'émission du CO₂ attribuable au torchage dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan (g/m³)
- $y_{i,j}$ = fraction molaire du composé j dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan
- $n_{c,j}$ = nombre d'atomes de carbone par molécules du composé j
- MM_{CO_2} = masse moléculaire du CO₂ (g/mol) = 44,010 g/mol
- V_{TPN} = volume de gaz dans des conditions normales (101,325 kPa et 15 °C) = 23,6444813 m³/kmol
- g_c = constante de proportionnalité = 1000 mol/kmol

Équation A3.2–9

$$CE_{CH_4,i} = \sum \frac{y_{CH_4,i} \times MM_{CH_4} \times (1 - EC)}{V_{TPN}} \times g_c$$

- $CE_{CH_4,i}$ = coefficient d'émission du CH₄ attribuable au torchage dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan (g/m³)
- $y_{CH_4,i}$ = fraction molaire du CH₄ dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan
- MM_{CH_4} = masse moléculaire du CH₄ (g/mol) = 16,04206 g/mol
- EC = efficacité de la combustion = 0,98 (EC 2014)
- V_{TPN} = volume de gaz dans des conditions normales (101,325 kPa et 15 °C) = 23,6444813 m³/kmol
- g_c = constante de proportionnalité = 1000 mol/kmol

Équation A3.2–10

$$CE_{N_2O,i} = TE_{N_2O} \times PCS_i$$

- $CE_{N_2O,i}$ = coefficient d'émission du N₂O attribuable au torchage dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan (g/m³)
- TE_{N_2O} = taux d'émission attribuable au torchage pour le N₂O (g/MJ) = 0,0000952 g/MJ (WCI.363(k) 2012)
- PCS_i = pouvoir calorifique supérieur pour le canton i (MJ/m³)

$$Emis_{ij} = y_{ij} \times Vol_i \times \rho_j$$

$Emis_{ij}$	=	émissions évacuées du composé j dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan (kilotonnes)
y_{ij}	=	fraction molaire du composé j dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan
Vol_i	=	volume de gaz évacué dans le canton i , en Alberta, ou dans la catégorie de production i , en Saskatchewan (10^6 m^3)
ρ_j	=	densité du composé j dans des conditions normales (101,325 kPa et 15 °C) (kg/m^3)

Les CE de CO_2 et de CH_4 propres aux installations sont calculés annuellement depuis 2004 pour chacune des installations extracôtières à Terre-Neuve-et-Labrador à l'aide des émissions déclarées au PDGES (ECCC, 2022a) et des volumes de gaz torchés déclarés (OCTLHE, 2022b). Comme il n'y a pas de données du PDGES accessibles pour les années antérieures à 2004, les CE de l'ACPP (2005a) ont été utilisées pour la période 1997–1999. Pour la période 2000–2003, les CE ont été interpolés de manière linéaire entre les CE dérivés des données du PDGES pour 2004 et les CE de l'ACPP (2005a) utilisés pour l'année 1999.

A3.2.2.1.3. Appareils pneumatiques, joints d'étanchéité de compresseurs et fuites fugitives provenant de l'équipement

Méthodologie

Le modèle des émissions fugitives (MEF) liées au PGA permet d'estimer, à partir de 1990, les émissions annuelles associées aux appareils pneumatiques (régulateurs et pompes), aux joints d'étanchéité des compresseurs et aux fuites provenant de l'équipement, au moyen d'une méthode par installation. Le modèle permet de calculer les émissions, par province et segment de l'industrie, à partir du nombre d'installations et de puits de PGA actifs, ainsi que du nombre moyen de composantes par type d'installation (ou coefficient de composantes), des CE associés à ces composantes, des données de composition des gaz et d'autres paramètres propres aux sources d'émissions.

Le MEF est pour l'instant limité aux provinces de l'ouest du Canada, soit la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba. En général, ces provinces sont responsables de plus de 95 % de la production totale de gaz naturel et de plus de 90 % de la production totale de pétrole brut au pays pour une année donnée (Statistique Canada, s.d. [b], s.d. [d]).

La portée des travaux de modélisation se concentre sur certains types d'installations en particulier, dont les unités pétrolières, les stations de compression, et les usines de gaz. Les installations sont ensuite classées en sous-types (p. ex., unité à puits unique, unité à puits multiples) et par type de produit (p. ex., pétrole brut léger ou moyen, pétrole brut lourd, gaz naturel). Tous les sites de puits actifs font également partie du MEF.

Cette méthode simplifie l'amélioration continue, qui peut se faire en révisant les sources de données ou les paramètres du modèle (comme les coefficients de composantes ou les CE associés à certains sous-types d'installation, certains types de produits ou certaines régions) à mesure que de nouvelles informations sont connues. Si des données fiables sont disponibles, les changements dans les pratiques de l'industrie ou les politiques gouvernementales d'une année à l'autre peuvent également être pris en compte dans le modèle.

Une synthèse de la méthodologie du MEF est présentée dans les sections suivantes. Pour la documentation complète se rapportant à cette méthode, y compris le dénombrement des installations et les paramètres du modèle, consultez le rapport *Upstream Oil and Gas Fugitive Emissions Model: Methodology and Documentation* (ECCC, 2022b).

Les estimations d'émissions provenant des appareils pneumatiques, des joints d'étanchéité de compresseurs et des fuites dans l'équipement obtenues au moyen du MEF remplacent les estimations obtenues pour les mêmes sources avec la méthode décrite à la section A3.2.2.1.1, sauf quelques exceptions dignes de mention. Depuis 2020, les émissions issues des joints d'étanchéité de compresseurs et des déshydrateurs au glycol en Alberta ne sont plus comprises dans le total des émissions. De même, en Saskatchewan, les estimations d'émissions provenant des appareils pneumatiques, des joints d'étanchéité de compresseurs et des déshydrateurs au glycol à toutes les installations, ainsi que les fuites fugitives provenant de l'équipement aux installations de production gazière et de traitement du gaz naturel ne sont plus comprises dans le total des émissions depuis 2020. Dans les deux cas, les changements découlent d'une révision, par les provinces, des définitions de ce que les exploitants doivent inclure dans leurs déclarations comme volumes de gaz évacués. En raison de la modification de ces définitions, les estimations d'émissions de ces sources ne sont plus comprises dans le total des émissions afin d'éviter une double comptabilisation. Consultez la section A3.2.2.1.5 pour une discussion complète concernant ces changements.

Données sur les activités

Les estimations d'émissions du MEF sont produites à partir du dénombrement annuel des installations et des puits en activité en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. Le MEF s'appuie sur plusieurs sources de données, présentées dans le Tableau A3.2–11, pour déterminer le nombre d'installations actives dans les provinces de l'ouest. Le dénombrement des installations et des puits est obtenu directement à partir des données de comptabilisation de la production (p. ex., Petrinex, 2022a, 2022b; BCOGC, 2022b; MBRNDN, 2022b, 2022c) ou des données fournies par les organismes de réglementation provinciaux (p. ex., BCOGC, 2018), lorsque ces données sont disponibles. Toutefois, comme les données de comptabilisation de la production pour chacune des provinces ne sont pas complètes jusqu'en 1990, il est nécessaire, pour les années où les données sont manquantes, d'estimer le nombre d'installations au moyen d'autres méthodes et sources de données. Une description complète de la manière de combiner les sources de données disponibles pour obtenir le nombre d'installations de PGA dans ces provinces à partir de 1990, ainsi que la liste des dénombrements d'installations utilisés dans le MEF, figure dans le document sur la méthodologie du modèle (ECCC, 2022b).

Coefficients d'émissions et autres paramètres

Les coefficients de composantes correspondant au nombre moyen de chaque type d'appareils pneumatiques, de compresseurs et de composantes d'équipement par sous-type d'installation sont déterminés à partir des études présentées au Tableau A3.2–12. Les autres paramètres, comme la proportion d'appareils pneumatiques alimentés au gaz par sous-type d'installation, sont également obtenus à partir de ces études. Pour obtenir la liste complète de tous les coefficients de composantes utilisés dans le MEF, veuillez vous reporter au document sur la méthodologie du MEF (ECCC, 2022b).

Province	Années	Type d'installation du MEF	Source des données	Description de la source
AB	2014–2021	Tous sauf les unités satellites	Petrinex (2022a)	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	2010–2013	Tous sauf les stations de compression et les unités satellites	Alberta Energy Regulator (AER)	Données volumétriques annuelles de Petrinex (prétraitées et fournies par l'AER)
	2000–2009	Tous sauf les stations de compression, les usines de gaz, les systèmes de collecte de gaz et les unités satellites	AER	Données annuelles fournies par l'AER
	1990–2009	Usines de gaz	AER (2020)	Données sur les usines de traitement du gaz naturel en Alberta (AER ST50A)
	1990–2021	Unités satellites	Petrinex (2022c)	Permis d'installation de l'Alberta
	1990–2009	Sites de puits	ACPP (2022)	Nombre de puits de pétrole et de gaz en exploitation (tableaux 3.17 et 3.18)
BC	2010–2017	Tous sauf les usines de gaz	BCOGC (2018)	Dénombrement des installations et volumes de production obtenus à partir des données de la BCOGC
	2019–2021	Tous sauf les unités satellites	BCOGC (2022b)	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	2004–2018	Usines de gaz	Gouvernement de la Colombie-Britannique (2020)	Rapport sur les usines de gaz de la Colombie-Britannique
	2020	Unités satellites et stations de compression	BCOGC (2022c)	Données sur les fuites, la détection et la réparation pour les puits et les installations
	1990–2009, 2018	Sites de puits	ACPP (2022)	Nombre de puits de pétrole et de gaz en exploitation (tableaux 3.17 et 3.18)
SK	2013–2021	Tous sauf les stations de compression et les unités satellites	Petrinex (2022b)	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	2013–2021	Usines de gaz	SKER (2020e)	Rapports sur les usines de gaz de la Saskatchewan
	2013–2021	Unités satellites et stations de compression	Petrinex (2022d)	Infrastructure des installations de la Saskatchewan
	1990–2020	Sites de puits	ACPP (2022)	Nombre de puits de pétrole et de gaz en exploitation (tableaux 3.17 et 3.18)
MB	2020–2021	Tous	MBRNDN (2022b)	Données volumétriques mensuelles de Petrinex
	1990–2021	Sites de puits	MBRNDN (2022c)	Rapports de production par puits

Les émissions issues des appareils pneumatiques sont estimées au moyen de l'Équation A3.2–12 et des CE présentés dans le Tableau A3.2–13.

Le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta maintient un registre des appareils pneumatiques qui ont été remplacés depuis 2012. Ce registre comprend le remplacement de pompes et de régulateurs pneumatiques alimentés au gaz par des appareils fonctionnant à l'électricité et à l'air comprimé (c.-à-d. des appareils sans émissions), et d'appareils à forte purge par des appareils à faible purge, ainsi que l'ajout de systèmes de captage des gaz d'évacuation. De même, le programme de congé de redevances pour les infrastructures propres de la Colombie-Britannique et le CleanBC Industry Fund consigne les remplacements d'appareils en Colombie-Britannique.

Les données de ces programmes permettent de tenir compte de l'effet des activités de réduction des émissions en Alberta et en Colombie-Britannique, et de réduire la valeur des estimations d'émissions de ces provinces. Ces réductions sont appliquées à partir de l'année 2018, puisque les études sur le terrain sur lesquelles s'appuie la détermination des coefficients de composantes ont été réalisées au cours de la période de 2017 à 2018, et devraient donc avoir déjà tenu compte des conversions d'équipement survenues avant.

Tableau A3.2–12 Sources de données pour les coefficients de composantes utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont

Source d'émissions	Province	Auteurs	Année	Titre du rapport
Appareils pneumatiques	Toutes	Greenpath Energy Ltd.	2016	Modelling Inputs for Upstream Oil and Gas Methane Emission Sources
	AB, MB	Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton	2018	Update of Equipment, Component and Fugitive Emission Factors for Alberta Upstream Oil and Gas
	SK	Advisian Ltd.	2019	Oil and gas inventory information enhancement and economic analysis study: Field data gather and interpret report
	BC	Cap-Op Energy	2019	British Columbia Oil and Gas Methane Emissions Field Study
Fuites provenant de l'équipement	Toutes	Greenpath Energy Ltd.	2016	Modelling Inputs for Upstream Oil and Gas Methane Emission Sources
	AB, SK, MB	Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton	2018	Update of Equipment, Component and Fugitive Emission Factors for Alberta Upstream Oil and Gas
	BC	Cap-Op Energy	2019	British Columbia Oil and Gas Methane Emissions Field Study
Joints d'étanchéité des compresseurs	AB, SK, MB	Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton	2018	Update of Equipment, Component and Fugitive Emission Factors for Alberta Upstream Oil and Gas
	BC	Cap-Op Energy	2019	British Columbia Oil and Gas Methane Emissions Field Study

Tableau A3.2–13 Coefficients d'émissions des appareils pneumatiques

Province(s)	Type d'appareil pneumatique	Débit rejeté (m³/h)
AB, SK, MB	Dispositif à purge intermittente	0,00314
	Régulateur de niveau ^a	0,378
	Positionneur	0,247
	Régulateur de pression	0,430
	Régulateur de température	0,00543
	Transducteur	0,420
	Pompe de méthanol	0,636
	Pompe d'autre produit chimique	0,550
BC	Dispositif à purge intermittente	0,00314
	Régulateur de niveau	0,101
	Positionneur	0,458
	Régulateur de pression	0,377
	Régulateur de température	0,00543
	Transducteur	0,453
	Pompe de méthanol	0,553
	Pompe d'autre produit chimique	0,250

Notes :

À moins d'indication contraire, les coefficients d'émissions ont été calculés à l'interne par Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement (DPGER) d'ECCC, en utilisant Prasino (2013), Cap-Op Energy (2019), Clearstone (2018) et Spartan Controls (2018).

a. Clearstone (2019)

Équation A3.2–12

$$Emis_{i,j,k,l,m} = \frac{NI_{j,k} \times API_{j,k,l} \times APGprop_{j,k} \times CE_{l,m} \times \rho \times x_i \times 8\,760}{10^6}$$

$Emis_{i,j,k,l,m}$	= Émissions pour l'espèce de gaz i , le type d'installation j , le type de produit k , l'appareil pneumatique l selon le scénario m (kt)
$NI_{j,k}$	= Nombre d'installations de type j pour le type de produit k
$API_{j,k,l}$	= Nombre moyen d'appareils pneumatiques l par type d'installation j pour le type de produit k
$APGprop_{j,k}$	= Proportion d'appareils pneumatiques alimentés au gaz dans le type d'installation j pour le type de produit k
$CE_{l,m}$	= Coefficient d'émissions pour le type d'appareil pneumatique l selon le scénario m (m³/h)
ρ	= Densité du gaz rejeté (kg/m³)
x_i	= Fraction massique de l'espèce de gaz i
8 760	= Nombre d'heures par année civile (24 h/jour × 365 jours/année)
10^6	= Nombre de kg par kt

Les émissions provenant des joints d'étanchéité des compresseurs alternatifs et centrifuges sont estimées au moyen de l'Équation A3.2–13 et des coefficients d'émissions présentés au Tableau A3.2–14.

Équation A3.2–13

$$Emis_{i,j,k} = \frac{NI_{j,k} \times CPI_{j,k} \times JPC_{j,k} \times Util_{j,k} \times FRJ_m \times CE_m \times \rho \times x_i \times 8\,760}{10^6}$$

$Emis_{i,j,k}$	= Émissions provenant des joints d'étanchéité de compresseurs pour l'espèce de gaz i , le type d'installation j et le type de produit k (kt)
$NI_{j,k}$	= Nombre d'installations de type j pour le produit de type k
$CPI_{j,k}$	= Nombre moyen de compresseurs par installation de type j pour le produit de type k
$JPC_{j,k}$	= Nombre moyen de joints d'étanchéité par compresseur, pour le type d'installation j et le type de produit k
$Util_{j,k}$	= Taux d'utilisation des compresseurs par période de 24 heures pour le type d'installation j et le type de produit k
FRJ_m	= Fraction des installations qui remplacent les joints d'étanchéité à la fréquence m
CE_m	= Coefficient d'émissions provenant des joints d'étanchéité pour la fréquence de remplacement des joints m (m³/h/cylindre)
ρ	= Densité du gaz dégagé (kg/m³)
x_i	= Fraction massique de l'espèce de gaz i
8 760	= Nombre d'heures dans une année civile (24 h/jour × 365 jours/année)
10^6	= Nombre de kg par kt

Tableau A3.2–14 Coefficients d'émissions provenant des joints d'étanchéité des compresseurs

Type de compresseur du MEF	Scénario de fréquence de remplacement des joints	Coefficient d'émissions (m³/h) ^a
Alternatif	30 mois	0,65
Alternatif	60 mois	1,17
Centrifuge – étanchéité à l'huile	S.O.	14,25
Centrifuge – étanchéité à sec	S.O.	6,34
Notes :		
Les coefficients d'émissions des compresseurs alternatifs correspondent au débit par joint d'étanchéité, alors que ceux des compresseurs centrifuges correspondent au débit par compresseur.		
a. Les coefficients d'émissions des compresseurs alternatifs sont adaptés de Carbon Limits (2017), et ceux des compresseurs centrifuges, d'API (2017).		

Les émissions attribuables aux fuites d'équipement sont calculées au moyen de l'Équation A3.2–14 et des CE présentés au Tableau A3.2–15. Les CE sont subdivisés par type de production (c.-à-d. gaz naturel ou pétrole brut), type de service de la composante (c.-à-d. liquide ou gaz pressurisé), type de composante et fréquence de détection et de réparation des fuites (DERF). Le Tableau A3.2–16 présente les divers scénarios de DERF, avec la fréquence de DERF correspondante. Ces scénarios permettent de distinguer les divers sous-types d'installations pétrolières et gazières sur le plan de la fréquence des activités de DERF au cours de la série chronologique.

Pour les années qui précèdent la publication du document sur les pratiques exemplaires de gestion des émissions fugitives aux installations de pétrole et de gaz en amont (ACPP, 2007), les coefficients correspondant au scénario « Aucune DERF », lequel présume l'absence d'activité formelle de DERF, sont appliqués à toutes les installations, sauf les usines de traitement des gaz, pour lesquelles les CE du scénario « Mesure industrielle 1 », dans lequel les activités de DERF sont présumées être menées aux deux ans, sont appliqués. À partir de 2007, les CE du scénario « Aucune DERF » sont progressivement remplacés, pour certaines autres installations, par les CE de Mesure industrielle 1. De même, les CE de « Mesure industrielle 2 » sont introduits progressivement à partir de 2015 pour tenir compte des activités de DERF plus fréquentes, soit environ tous les 16 mois. Il faut prendre note que pour la plupart des sous-types d'installations, les CE du scénario « Aucune DREF » sont appliqués à une faible proportion des installations, qui diminue chaque année à partir de 2007. Cette fraction représente les installations de ce sous-type qui ne traitent qu'une faible quantité de fluide et qui sont donc moins susceptibles d'avoir mis en place des activités formelles de DERF.

Enfin, les CE correspondant aux scénarios de politiques sont utilisés à partir de 2020 pour tenir compte de la mise en œuvre de la réglementation fédérale (ECCC, 2018) et provinciale (AB, 2018; BC, 2021; SK, 2020) visant la réduction des émissions de méthane issues des activités pétrolières et gazières. Le règlement fédéral sur le méthane est en vigueur dans toutes les provinces, sauf l'Alberta, la Colombie-Britannique, et la Saskatchewan. Chacune de ces trois provinces a son propre règlement, qui devrait produire des réductions d'émissions de méthane équivalentes à celles visées par le règlement fédéral.

La partie du règlement fédéral qui concerne la DERF exige que des relevés de DERF soient menés trois fois par année, ou tous les quatre mois, à la plupart des sous-types d'installations. Ainsi, les CE du scénario « Politique 3 » sont appliqués au Manitoba à partir de 2020. De même, le règlement de la Saskatchewan exige des relevés de DERF deux fois par année, ou tous les six mois, aux installations de production et de traitement de gaz. Ainsi, les CE du scénario « Politique 2 » sont appliqués en Saskatchewan à partir de 2020. Le règlement de l'Alberta exige quant à lui des relevés de DERF chaque année à toutes les installations, sauf les usines de gaz et les stations de compression, pour lesquelles des relevés de DERF sont exigés trois fois par année. Ainsi, les CE de Politique 1 sont utilisés à toutes les installations de l'Alberta, sauf les usines de gaz et les stations de compression, pour lesquelles les CE de Politique 3 sont utilisés. Enfin, le règlement de la Colombie-Britannique exige des relevés de DERF trois fois par année à la plupart des installations, et une fois par année aux installations de plus petite taille.

Les critères d'applicabilité des règlements fédéral et provinciaux ont servi à déterminer la proportion d'installations suivant chacun des scénarios de DERF dans les années après l'entrée en vigueur des règlements. Ces proportions représentent les fractions d'installations de chaque sous-type qui devraient exécuter des programmes de DERF conformément aux règlements (c.-à-d. la fraction d'installations associée à chaque scénario de DERF). Bien que les règlements peuvent exiger des fréquences de DERF annuelles, les rapports annuels présentés à ECCC dans le cadre des accords d'équivalence fédéraux-provinciaux montrent des taux de conformité réels inférieurs à 100 % (AEP, 2022; BCOGC, 2022c). Pour intégrer un degré réaliste de non-conformité des exploitants, l'information contenue dans ces rapports a été utilisée pour calculer ou ajuster les proportions de DERF, lorsqu'il était possible de le faire (ECCC, 2022b).

Pour obtenir la liste complète de la proportion des installations de chaque sous-type affectée à chacun des scénarios de DERF, par année et par région, consultez le document sur la méthodologie du MEF (ECCC, 2022b).

Équation A3.2–14

$$Emis_{i,j,k,l,m} = \frac{NI_{j,k} \times CPI_{j,k,l} \times DERF_{j,k,m} \times CE_{l,m} \times x_i \times 8\,760}{HT_k \times 10^9}$$

$Emis_{i,j,k,l,m}$	= Émissions de l'espèce de gaz i , pour le type d'installation j , le type de produit k et les composantes l , selon le scénario de DERF m (kt)
$NI_{j,k}$	= Nombre d'installations de type j pour le type de produit k
$CPI_{j,k,l}$	= Nombre de composantes l , par type d'installation j et type de produit k
$DERF_{j,k,m}$	= Proportion du type d'installation j suivant le scénario de DERF m pour le type de produit k
$CE_{l,m}$	= Coefficient d'émissions de la composante l selon le scénario de DERF m (g HT/h)
x_i	= Fraction massique de l'espèce de gaz i
HT_k	= Fraction massique d'hydrocarbures totaux (HT) pour le type de produit k (g HT/g gaz total)
8 760	= Nombre d'heures dans une année civile (24 h/jour × 365 jours/an)
10^9	= Nombre de grammes par kt

Tableau A3.2–15 Coefficients d'émissions associés aux fuites fugitives provenant de l'équipement

Type de produit	Type de service	Type de composante	Coefficients d'émissions selon le scénario de DERF (g HT/h) ^a					
			Aucune DERF ^b	Mesure industrielle 1 ^c	Mesure industrielle 2 ^c	Politique 1 ^c	Politique 2 ^c	Politique 3 ^c
Gaz naturel	Gaz de procédé	Connecteur	0,820	0,635	0,567	0,513	0,267	0,185
		Valve	2,810	1,042	0,690	0,603	0,314	0,218
		CO	467,000	120,210	75,960	66,249	35,764	25,082
		SS	17,000	2,400	1,485	1,287	0,671	0,465
		Vanne de commande	16,200	4,604	2,830	2,452	1,285	0,892
		Appareil de mesure	3,270	2,614	1,758	1,535	0,806	0,560
		Joint d'étanchéité de pompe	23,200	3,862	2,405	2,086	1,099	0,765
		Régulateur	8,110	1,650	1,173	1,033	0,539	0,374
	Liquide de procédé	Connecteur	0,550	0,111	0,106	0,098	0,051	0,035
		Valve	3,520	0,651	0,640	0,583	0,304	0,211
		CO ^d	467,000	120,210	75,960	66,249	35,764	25,082
		SS ^d	17,000	2,400	1,485	1,287	0,671	0,465
		Vanne de commande ^d	16,200	4,604	2,830	2,452	1,285	0,892
		Appareil de mesure ^d	3,270	2,614	1,758	1,535	0,806	0,560
		Joint d'étanchéité de pompe ^d	23,200	3,862	2,405	2,086	1,099	0,765
		Régulateur ^d	8,110	1,650	1,173	1,033	0,539	0,374
Pétrole brut	Gaz de procédé	Connecteur	2,460	0,443	0,334	0,297	0,155	0,107
		Valve	1,510	0,199	0,143	0,126	0,066	0,045
		CO	308,000	16,874	10,696	9,294	4,877	3,387
		SS	16,300	11,318	6,797	5,872	3,065	2,125
		Vanne de commande	14,600	11,842	7,305	6,347	3,381	2,360
		Appareil de mesure	1,300	1,042	0,810	0,720	0,375	0,260
		Joint d'étanchéité de pompe	35,880	28,702	17,514	15,184	8,028	5,590
		Régulateur	6,680	1,880	1,309	1,150	0,600	0,416
	Liquide de procédé	Connecteur	0,190	0,110	0,106	0,096	0,050	0,035
		Valve	1,210	0,688	0,590	0,531	0,276	0,192
		CO ^d	308,000	16,874	10,696	9,294	4,877	3,387
		SS ^d	16,300	11,318	6,797	5,872	3,065	2,125
		Vanne de commande ^d	14,600	11,842	7,305	6,347	3,381	2,360
		Appareil de mesure ^d	1,300	1,042	0,810	0,720	0,375	0,260
		Joint d'étanchéité de pompe ^d	35,880	28,702	17,514	15,184	8,028	5,590
		Régulateur ^d	6,680	1,880	1,309	1,150	0,600	0,416

Notes :

SS = soupape de surpression

CO = conduite ouverte

a. HT = hydrocarbures totaux

b. ACPP (2005a)

c. Élaboré à l'interne par la Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement (DPGER) d'ECCE à partir de données ou de renseignements de l'ACPP (2005a; 2014), de Clearstone (2018, 2019) et de Cap-Op Energy (2019)

d. Le coefficient d'émissions est présumé être le même que pour une composante équivalente en service pour des gaz de procédé.

Le MEF utilise également les données de composition de l'étude EERL (voir la section A3.2.2.1.2) pour déterminer les émissions de CO₂ et de CH₄ provenant des appareils pneumatiques, des joints d'étanchéité des compresseurs et des fuites d'équipement. En ce qui concerne la période de 2010 à 2021, pour laquelle des données détaillées de comptabilisation de la production en Alberta sont disponibles, les données de composition du gaz par canton et le dénombrement des installations par canton sont utilisés pour estimer les émissions. Toutefois, comme les données nécessaires pour déterminer le nombre d'installations par canton albertain ne sont pas disponibles pour la période de 1990 à 2009, les compositions moyennes du gaz naturel, calculées à partir des données de l'étude EERL et présentées au Tableau A3.2-17, sont utilisées.

Pour la Saskatchewan, les données de composition des gaz ventilées selon la catégorie de production (SKER, 2021), qui sont présentées dans le Tableau A3.2-10, ont été utilisées. Pour ce faire, les nombres d'installations et de puits par catégorie de production ont été obtenus à partir des données de Petrinex à compter de 2013, et extrapolés de façon rétrospective pour la période 1990-2012.

Une analyse détaillée des données de composition des gaz comme celle réalisée pour l'Alberta dans l'étude EERL n'a pas été faite pour la Colombie-Britannique ni le Manitoba. Les formations de pétrole et de gaz (montrées dans la Figure A3.2-4) s'étendant sur la frontière entre la Colombie-Britannique et l'Alberta ont servi à estimer les compositions de gaz en Colombie-Britannique. Comme il est impossible d'appliquer une méthode semblable pour le Manitoba, des compositions moyennes ont été établies. Toutes celles utilisées dans le MEF sont résumées dans le Tableau A3.2-17.

Pour obtenir une description complète de la méthode, des sources de données, des CE et des paramètres utilisés dans le MEF, veuillez consulter le document sur la méthodologie du MEF (ECCC, 2022b).

Tableau A3.2-16 **Fréquence des activités de DERF selon le scénario**

Scénario de DERF	Fréquence de DERF (mois)
Aucune DERF	aucun programme formel de DERF
Mesure industrielle 1	24
Mesure industrielle 2	16
Politique 1	12
Politique 2	6
Politique 3	4

Tableau A3.2-17 **Compositions moyennes du gaz naturel utilisées dans le modèle des émissions fugitives liées au pétrole et au gaz en amont**

Province	Type de produit du MEF	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	C ₂ H ₆	COV	Densité (kg/m ³)
		Pourcentage de la masse					
AB	Tous les types de gaz	73,32	2,86	1,25	10,00	10,48	0,8016
	PPFLS	91,56	2,12	0,00	1,66	0,90	0,7096
	Traitement du gaz	72,25	2,88	0,14	11,14	11,89	0,8089
	Pétrole lourd	89,44	6,62	0,02	1,06	1,60	0,7252
	Pétrole léger/moyen	67,33	2,53	0,69	11,01	15,67	0,8393
BC	Tous les types de gaz	71,44	2,84	0,54	11,56	12,21	0,8130
	Traitement du gaz	71,10	2,81	0,58	11,55	12,52	0,8151
	Pétrole léger/moyen	68,33	2,58	0,94	11,49	15,01	0,8331
MB	Pétrole léger/moyen	78,89	0,97	0,01	4,24	10,97	0,7745

Note :

PPFLS = Production à froid de pétrole lourd avec sable

A3.2.2.1.4. Évacuation de gaz par les tubages de surface

Méthodologie

Les émissions attribuables à l'évacuation de gaz par les tubages de surface (ETS) dans les provinces de l'Alberta et de la Colombie-Britannique sont estimées directement plutôt qu'extrapolées à partir de l'étude de l'ACPP (ACPP, 2005a) et du rapport technique sur le PGA (EC, 2014), comme décrit à la section A3.2.2.1.1. Les deux provinces ont mis en place des mesures réglementaires (EUB, 2003; BC, 2021) qui dictent la manière dont les exploitants de puits sur leur territoire doivent détecter, déclarer et résoudre les situations d'ETS. Les données de déclaration recueillies par l'Alberta (AER, 2022d) et la Colombie-Britannique (BCOGC, 2022d) sont utilisées pour mieux tenir compte de la variabilité de cette source d'émissions selon l'emplacement et le sous-secteur industriel.

La méthodologie décrite à la section A3.2.2.1.1 s'applique à l'ensemble des autres provinces et territoires où se déroulent des activités d'extraction de pétrole et de gaz terrestres.

Données sur les activités

Les données d'ETS recueillies en Alberta et en Colombie-Britannique sont accessibles au public (AER, 2022d; BCOGC, 2022d). L'information contenue dans ces rapports permet d'estimer directement les émissions annuelles attribuables à l'ETS. Même si la réglementation relative à la réparation d'ETS est entrée en vigueur en 2003 en Alberta et en 2010 en Colombie-Britannique, les bases de données provinciales comprennent des entrées sur des cas de détection d'évacuation de gaz qui remontent à avant 1990 en Alberta et à 1993 en Colombie-Britannique. Ces données permettent, lorsqu'elles sont combinées à d'autres renseignements pertinents sur les puits (Petrinex 2022e; BCOGC, 2022e; 2022f), de produire des estimations d'émissions pour l'ensemble de la série chronologique.

Dans les deux règlements, celui de l'Alberta et celui de la Colombie-Britannique, l'échéance de résolution des cas détectés d'ETS dépend de leur gravité, soit « majeure » (*serious*) ou « mineure » (*nonserious*). La définition de ce qui constitue une ETS majeure est la même dans les deux provinces, et elle s'applique si au moins l'un des critères présentés au Tableau A3.2–18 est observé à un puits. Le Tableau A3.2–18 résume également les autres aspects des exigences provinciales utilisés dans l'estimation des émissions.

Déterminer à quel moment une ETS s'est produite, de même que sa durée, est un aspect important de la méthode, qui nécessite plusieurs éléments d'information. Dans le cas de l'Alberta, la durée est déterminée à partir des données du rapport sur l'ETS et la migration des gaz (*Well Vent Flow/Gas Migration Report* : AER, 2022d), ainsi que le rapport sur les infrastructures de puits (*Well Infrastructure Report*) du système de déclaration de Petrinex (Petrinex, 2022e). Un procédé semblable est utilisé

Tableau A3.2–18 Exigences provinciales relatives à la détection, au signalement et à la réparation des situations d'évacuation de gaz par les tubages de surface

Aspect du règlement	Alberta	Colombie-Britannique
Titre du règlement	Interim Directive ID 2003-01	B.C. Reg. 282/2010 – Drilling and Production Regulation
Exigences relatives aux tests de détection	<ul style="list-style-type: none"> Dans les 90 jours suivant le retrait de l'appareil de forage Chaque année pendant cinq ans après une détection 	<ul style="list-style-type: none"> Au moment du retrait de l'appareil de forage, ou immédiatement après toute complétion subséquente Dans le cadre de la routine d'entretien tout au long de la vie du puits Avant une suspension de l'exploitation du puits, son abandon ou le transfert de permis pour son exploitation
Définition d'une ETS majeure	Une ETS est majeure si elle remplit au moins un des critères suivants : <ul style="list-style-type: none"> présence de sulfure d'hydrogène (H₂S) débit de gaz supérieur ou égal à 300 mètres cubes par jour (m³/jour) pression statique du puits fermé supérieure à la moitié de la pression de fuite de la formation au sabot du tubage de surface, ou à 11 kPa/m multiplié par la profondeur du tubage présence d'évacuation d'hydrocarbures liquides (huiles) évacuation de gaz produite en raison de la rupture d'un joint d'étanchéité de la tête de puits ou du tubage présence d'évacuation d'eau, si l'eau contient des substances susceptibles de contaminer le sol ou les eaux souterraines une zone d'eau utilisable n'est pas couverte d'un tubage cimenté l'évacuation de gaz présente un risque d'incendie, ou un danger pour la sécurité publique ou l'environnement 	
Exigences relatives au signalement	<ul style="list-style-type: none"> Dans les 30 jours suivant la détection Les résultats de tests annuels ne sont pas déclarés 	Majeure : immédiatement après la découverte Mineure : dans les 30 jours suivant la découverte <ul style="list-style-type: none"> les résultats de tests de routine ne sont pas déclarés
Exigences relatives à la réparation	Majeure : dans les 90 jours suivant la découverte Mineure : avant l'abandon du puits	Majeure : « immédiatement » après la découverte Mineure : avant l'abandon du puits

en Colombie-Britannique, où les rapports sur les puits avec ETS sont mis en correspondance avec le répertoire des puits (*Well Index*) et la base de données sur l'abandon des puits (*Well Surface Abandonment*), rendus accessibles par la BCOGC (2022e, 2022f). Le Tableau A3.2–19 met en évidence l'information requise de chacune des sources de données.

Lorsque ces dates importantes, de même que l'état du puits et la résolution, sont connues pour une évacuation de gaz qui a été signalée, la durée d'évacuation est estimée directement. L'interprétation des dates de signalement, de résolution et de changement d'état du puits dans les entrées demande de poser certaines hypothèses qui dépendent des exigences réglementaires dans chacune des provinces, puisque celles-ci sont actuellement les meilleures sources d'information sur les pratiques d'atténuation de l'ETS. Ces hypothèses de simplification sont présentées dans le Tableau A3.2–20.

Tableau A3.2–19 Renseignements clés extraits des sources de données sur l'évacuation de gaz par les tubages de surface

Province	Nom de la source de données	Renseignements clés
AB	AER Vent Flow and Gas Migration Report	Date de signalement, date de résolution, résolution déclarée, classification (majeure ou mineure)
	Well Infrastructure Report (de Petrinex)	Date de fin du forage, état du puits (actif, abandonné, etc.), date de changement d'état du puits
BC	BCOGC BIL 185 – Surface Casing Vent Flow	Date de test, classification (majeure ou mineure), code d'état du puits (actif, abandonné, etc.)
	BCOGC Well Index Report (BCOGC-2555)	Date de retrait de l'appareil de forage, date de la dernière production
	BCOGC Well Surface Abandonment Report (BCOGC-41437)	Date d'abandon (le cas échéant)

Tableau A3.2–20 Hypothèses fondées sur les exigences réglementaires pour différents scénarios de signalement d'ETS

Province	Scénario	Hypothèses par classe d'évacuation par les tubages de surface	
		Majeure	Mineure
AB	Date de signalement antérieure à la date de résolution	L'ETS débute 90 jours avant la date de signalement et se termine à la date de résolution	L'ETS débute à la date de fin du forage, et se termine à la date de résolution OU à la date d'abandon OU est toujours en cours (si la fuite n'est pas colmatée ou si le puits n'est pas abandonné)
	Date de signalement identique à la date de résolution		
	Date de signalement ultérieure à la date de résolution	L'ETS débute 90 jours avant la date de résolution	L'ETS débute à la date de fin du forage
	Aucune résolution déclarée	L'ETS se termine 90 jours après la date de signalement	L'ETS est toujours en cours
BC	Date de test antérieure à la date de retrait de l'appareil de forage	L'ETS débute à la date de test, et se termine à la date de réparation	L'ETS débute à la date de retrait de l'appareil de forage et se termine à la date d'abandon OU à la date de réparation OU est toujours en cours
	L'état du puits est « abandonné » à la date de test.	L'ETS débute à la date d'abandon et se termine à la date de réparation	
	Autre	L'ETS débute à la date de retrait de l'appareil de forage, et se termine à la date de réparation	

Note : En Colombie-Britannique, la date de réparation correspond à la date du test subséquent déclaré pour lequel le débit de fuite est de zéro. Si aucun autre test n'a été déclaré, la date de réparation est présumée correspondre aux exigences du règlement 282/2010 de la Colombie-Britannique.

Coefficients d'émissions

Les débits d'évacuation par les tubages de surface déclarés sont comptabilisés sur toute la durée estimée de chaque entrée des bases de données provinciales. Alors que les données de l'AER ne contiennent qu'une entrée par événement, celles de la BCOGC contiennent des entrées sur les tests de suivi aux puits où une ETS a été détectée, ce qui signifie que chaque source tient compte de tous les changements signalés au fil du temps, que ces changements soient le résultat d'une tentative de réparation ou de fluctuations naturelles du débit d'évacuation. Dans les cas où une ETS a été signalée sans que le débit soit précisé, un débit moyen, qui est fonction de l'emplacement (sous-région de l'AER en Alberta, ensemble de la province en Colombie-Britannique) et de la gravité déclarée (majeure ou mineure) est appliqué.

Puisque la composition du gaz naturel émis dépend de l'emplacement de la source, les renseignements géographiques sont également pris en compte. Les compositions de gaz tirées de Tyner et Johnson (2020) sont assignées aux débits d'évacuation par les tubages de surface déclarés de la même manière que celle décrite à la section 0 pour les sources fugitives. En Alberta, les compositions propres au canton sont utilisées, alors que les compositions d'emplacements représentatifs sont utilisées pour estimer la composition moyenne des puits en Colombie-Britannique. Même si le gaz naturel évacué par les tubages de surface peut provenir de formations différentes de celles qui sont exploitées par les puits, les données de composition des gaz de Tyner et Johnson (2020) constituent encore l'information propre à l'emplacement la plus complète actuellement disponible à ECCC. Si de nouvelles données plus représentatives de l'ETS au Canada devenaient disponibles, la méthode est conçue pour qu'elles puissent être facilement adoptées.

Les émissions liées à l'ETS sont affectées au bon sous-secteur de production pétrolière et gazière au moyen des renseignements détaillés sur les puits contenus dans les bases de données de Petrinex (2022e) et de la BCOGC (2022e). Comme pour les dates importantes, les bases de données provinciales sur l'évacuation de gaz sont mises en correspondance avec ces sources de données pour en extraire les catégorisations de puits nécessaires. Selon l'information disponible, soit le sous-type d'installation, soit le type de production, soit la densité du fluide de production sont utilisés pour affecter les émissions de chacun des puits au sous-secteur industriel approprié, à savoir la production de gaz naturel, la production de pétrole léger ou moyen, la production à froid de pétrole brut lourd, ou la production thermique de pétrole brut lourd.

Les émissions annuelles de CH₄ et de CO₂ liées à l'ETS dans les puits individuels sont calculées directement au moyen de l'Équation A3.2–15.

Équation A3.2–15

$$Emis_{i,w} = y_{i,t} \times \rho_{i,t} \times DF_w \times JF_w$$

$Emis_{i,w}$	=	Émissions liées à l'ETS pour le composé i et le puits w
$y_{i,t}$	=	Fraction molaire du composé i à l'emplacement t
$\rho_{i,t}$	=	Densité (kg/m ³) du composé i à l'emplacement t
DF_w	=	Débit de fuite par le tubage de surface (m ³ /jour) au puits w
JF_w	=	Nombre de jours par année durant lesquels des fuites se produisent au puits w

A3.2.2.1.5. Changements apportés aux définitions de gaz d'évacuation en Alberta, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan

L'Alberta et la Saskatchewan, dans leurs exigences de mesure et de déclaration respectives, ont toutes deux apporté des changements aux définitions de ce qui constitue un gaz combustible (*fuel gas*), un gaz de torche (*flare gas*) et un gaz d'évacuation (*vent gas*); ces changements sont en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2020. Des changements semblables sont entrés en vigueur le 1^{er} juillet 2020 en Colombie-Britannique. La *Directive 017* de l'Alberta (AER, 2022e) classe les gaz dégagés par les instruments pneumatiques parmi les gaz d'évacuation, alors qu'ils étaient auparavant considérés comme des gaz combustibles, et les gaz dégagés aux joints d'étanchéité des compresseurs et dans les déshydrateurs au glycol doivent également être déclarés comme des gaz d'évacuation, alors qu'ils n'étaient pas déclarés auparavant. La *Directive PNG017* de la Saskatchewan (SKER, 2020) exige que les gaz dégagés par les instruments pneumatiques, les joints d'étanchéité des compresseurs et les fuites d'équipement soient déclarés comme des gaz d'évacuation, et la *Measurement Guideline* de la Colombie-Britannique (BCOGC, 2021) instaure des changements visant l'harmonisation à la *Directive 017* de l'Alberta.

En raison de lacunes dans les exigences antérieures en matière de mesure et de déclaration des gaz d'évacuation, les émissions attribuables aux instruments pneumatiques, aux joints d'étanchéité des compresseurs, aux déshydrateurs au glycol et aux fuites d'équipement étaient estimées et incluses séparément pour la période de 1990 à 2019 en tant que sources d'émissions associées à une évacuation non déclarée. Pour éviter la double comptabilisation des émissions, il faut mener un examen minutieux pour vérifier que les sources comprises dans les volumes de gaz évacués déclarés ne soient pas estimées séparément à titre de sources d'évacuation non déclarée. À compter de 2021 en Colombie-Britannique, les estimations distinctes pour les instruments pneumatiques, les joints d'étanchéité des compresseurs et les déshydrateurs au glycol ne sont pas comprises dans les totaux des émissions, puisque ces sources sont incluses dans les volumes de gaz évacués déclarés. De même, l'estimation distincte des émissions attribuables aux appareils pneumatiques, aux joints d'étanchéité des compresseurs et aux fuites d'équipement n'est plus exigée à partir de 2020 en Saskatchewan.

En Saskatchewan, le règlement sur la gestion des émissions dans l'industrie du pétrole et du gaz (*Oil and Gas Emissions Management Regulations*, SK, 2020) exige la détection et la réparation des fuites (DERF) uniquement aux installations de production et de traitement du gaz naturel. La ligne directrice PNG035 sur l'estimation des émissions d'évacuation et des émissions fugitives (*Estimating Venting and Fugitive Emissions*, SKER, 2019) fournit des indications aux exploitants sur la manière de quantifier les gaz dégagés par les fuites d'équipement détectées dans le cadre des activités de DERF. Puisque la DERF n'est exigée qu'aux installations gazières et non aux installations de production pétrolière, il est présumé que les volumes de gaz d'évacuation en Saskatchewan comprennent les émissions issues des fuites d'équipement des installations gazières, mais que ces fuites ne sont pas détectées, quantifiées, ni déclarées comme gaz d'évacuation aux installations pétrolières. Par conséquent, les fuites d'équipement des installations gazières en Saskatchewan ne sont pas estimées séparément, alors que celles des installations pétrolières font l'objet d'une estimation distincte pour être incluses dans le total des émissions.

Depuis 2020, l'Alberta recueille et divulgue les volumes de gaz évacués dans le système de Petrinex, qui présente le volume d'évacuation total par installation déclarante, et le système de déclaration OneStop (AEP, 2022), qui présente les volumes d'évacuation regroupés selon le sous-type d'installation, mais ventilés selon la source, soit les gaz d'évacuation définis, les pompes pneumatiques, les instruments pneumatiques, les compresseurs alternatifs, les compresseurs centrifuges et les déshydrateurs au glycol. La catégorie des gaz d'évacuation définis comprend des sources semblables à celles qui étaient incluses dans les volumes d'évacuation déclarés avant la modification de la définition des gaz d'évacuation apportée en 2020. La comparaison des données de 2020 de Pétrinex et de OneStop révèle des écarts imprévus dans les volumes d'évacuation totaux. On pourrait s'attendre à ce que les volumes obtenus de Petrinex soient supérieurs à ceux tirés du système OneStop puisqu'ils comprennent l'évacuation non courante, laquelle est exclue du système OneStop. Ce n'était cependant pas le cas : Petrinex indique un volume d'évacuation total de $341,1 \times 10^6 \text{ m}^3$, et le système OneStop, de $477,0 \times 10^6 \text{ m}^3$. Cet écart pourrait être dû à l'utilisation de différents systèmes de gestion des émissions par les exploitants; à une harmonisation incomplète des systèmes de déclaration de Petrinex à la modification des définitions du gaz combustible, du gaz de torche et du gaz d'évacuation; et à l'utilisation de différentes méthodes d'estimation par Petrinex et OneStop (AER, 2022f).

Pour tenir compte de ces écarts dans les volumes et partiellement atténuer les incohérences méthodologiques introduites entre 2019 et 2020 à cause de la modification de la définition du gaz d'évacuation, les émissions d'évacuation de l'Alberta sont calculées comme suit à compter de 2020. Elles sont tout d'abord déterminées selon la méthode décrite à la section A3.2.2.1.2 à l'aide des volumes d'évacuation déclarés obtenus de Petrinex. Ces volumes et les émissions associées sont ensuite mis à l'échelle par sous-type d'installation selon les valeurs pour les gaz d'évacuation définis, les compresseurs alternatifs, les compresseurs centrifuges et les déshydrateurs au glycol indiquées dans OneStop. Les volumes d'évacuation des pompes et des instruments pneumatiques sont exclus, car les données de la première année de déclaration sont de qualité douteuse, et les estimations provinciales de l'Alberta les ont écartées (AEP, 2022). Étant donné cette exclusion des volumes de gaz évacués par les instruments pneumatiques dans OneStop, il faut intégrer les émissions modélisées de ces instruments provenant du MEF (section A3.2.2.1.3) pour l'Alberta.

Les modifications dans la production des déclarations en Saskatchewan, en Colombie-Britannique et en Alberta ont introduit une incohérence méthodologique à partir de 2020. Si l'accès aux données de OneStop sur l'Alberta a permis à ECCC de pallier partiellement cette incohérence pour cette province, le problème est toujours présent pour la Saskatchewan et la Colombie-Britannique, et dans une moindre mesure, pour l'Alberta. Actuellement, ECCC ne possède pas de données de déclaration avec une résolution suffisante pour éliminer complètement l'incohérence. Cette question se complique davantage lorsqu'on tient compte du règlement sur les émissions de l'industrie pétrolière et gazière qui est entré en vigueur le 1^{er} janvier 2020 dans les trois provinces³, lequel a donné lieu à des changements de l'équipement et des pratiques industrielles. ECCC étudie activement les solutions potentielles.

A3.2.2.2. Transport et stockage du gaz naturel

La quasi-totalité du gaz naturel produit au Canada est transportée sur de longues distances par des gazoducs à haute pression de grand diamètre, entre les zones de production et de traitement dans les champs et les points d'entrée des réseaux de distribution locaux ou les grands consommateurs comme les centrales électriques et les usines de produits chimiques. Pour accroître la fiabilité de l'approvisionnement à longueur d'année, le gaz est injecté dans des installations de stockage souterraines en été lorsque la demande est faible, et en est retiré en hiver lorsque la demande de chauffage des locaux augmente. La majorité des émissions associées au transport du gaz naturel et aux installations de stockage proviennent des fuites d'équipement et de l'évacuation par les bouches d'aération.

Méthodologie

Le calcul des émissions fugitives lors du transport du gaz naturel repose sur plusieurs documents. Le premier, *CH₄ and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry Draft Report* (ACPP, 1999), a été préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'ACPP en juillet 1999. Le second document consiste en une série de tableaux auxiliaires qui décrivent les émissions de CO₂, fournis par Clearstone Engineering Ltd. Le transport du gaz naturel ne produit aucune émission fugitive de N₂O. Les émissions de CO₂ et de CH₄ pour la période 1990–1996 sont tirées directement des deux sources consultées. Les émissions de CO₂ et de CH₄ pour la période 1997–1999 ont été estimées selon la longueur et les taux de fuite des gazoducs dans chaque province et territoire. Cette information est dérivée des émissions de 1996 (ACPP, 1999); les données sur la longueur des gazoducs proviennent de Statistique Canada.

³ En vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) (LCPE), le *Règlement sur la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont)*, DORS/2018-66 (le « règlement fédéral sur le méthane ») a été publié dans la partie II de la *Gazette du Canada* le 26 avril 2018 (vol. 152, no 1). Le règlement est entré en vigueur le 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 un gouvernement provincial, territorial ou autochtone si les dispositions en vigueur sur son territoire sont équivalentes à celles d'un règlement adopté en vertu de la LCPE.

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

Pour les années 2005 et 2011, les émissions sont tirées de l'étude PGA (EC, 2014), qui recourait à une méthode de niveau 3 du GIEC cumulant les émissions de GES déclarées par chaque entreprise de gaz naturel. Les données saisies au sujet de l'industrie du transport et du stockage du gaz naturel ont été regroupées par ORTECH Consulting Inc. (2013) pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI). Les données relatives aux années 2000–2004, 2006–2010 et 2012–2014 ont été fournies directement par le CEPEI, là aussi à partir d'une méthode de niveau 3 du GIEC. Les estimations d'émissions pour 2015–2021 ont été extrapolées des données de 2014 au moyen de la même méthode d'extrapolation que celle décrite précédemment pour le secteur du PGA (voir l'Équation A3.2–5), où la longueur du gazoduc a servi de facteur d'activité.

Les émissions ont été calculées pour chaque province et territoire, puis additionnées afin d'obtenir les émissions totales de CO₂ et de CH₄ au Canada. Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, le Yukon et le Nunavut ne possèdent pas de gazoducs pour le transport du gaz naturel. Toutefois, des conduites d'amenée de gaz naturel traversent le Yukon, et les émissions fugitives de ces conduites sont prises en compte dans la catégorie 1.B.2.b.2 – Gaz naturel – Production, dans le tableau du CUPR.

Aucun gazoduc n'était opérationnel en Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick et dans les Territoires du Nord-Ouest avant 1999.

Tout comme pour le transport de gaz naturel, les données sur les émissions fugitives provenant du stockage de gaz naturel sont tirées de l'étude PGA (EC, 2014) pour les années 2005 et 2011. Les données relatives aux années 2000–2004, 2006–2010 et 2012–2014 ont été fournies directement par le CEPEI. Les estimations d'émissions pour 1990–1999 et 2015–2021 ont été extrapolées au moyen de la même méthode d'extrapolation que celle décrite précédemment, où le volume de gaz transporté vers le lieu de stockage et le volume retiré de ce lieu ont servi de facteur d'activité.

Données sur les activités

L'estimation des émissions fugitives provenant du transport de gaz naturel pour 1997–1999 et 2015–2021 est basée sur les données annuelles relatives à la longueur des pipelines qui ont servi au transport du gaz naturel pour chaque région. Les données sur la longueur des gazoducs étaient publiées chaque année par Statistique Canada dans son document *Transport et distribution du gaz naturel*. Statistique Canada a mis fin à cette publication, mais continue de recueillir les données et les communique à ECCC (Statistique Canada, 2022). Cependant, l'information sur la longueur des gazoducs n'était disponible que jusqu'à l'année 2020; les longueurs de gazoducs pour 2021 ont donc été estimées. Pour le Québec, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta, la Colombie-Britannique et les Territoires du Nord-Ouest, les longueurs de gazoducs pour 2021 ont été estimées en fonction du changement annuel moyen de longueur entre 2000 et 2020. Les valeurs de 2021 étaient présumées les mêmes que celles de 2020 pour le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, puisque les longueurs des gazoducs n'y ont pas changé depuis 2003 et 2002, respectivement. Des améliorations du modèle sont envisagées.

Pour le stockage de gaz naturel, les volumes annuels de gaz naturel transporté vers le lieu de stockage et le volume retiré de ce lieu sont tirés d'*Entreposage du gaz naturel canadien, Canada et provinces* (Statistique Canada, s.d. [f]) pour la période de 2015 à 2021 et de *Gaz naturel, arrivages et utilisation, mensuel* (Statistique Canada, s.d. [g]) pour les données avant 2015.

A3.2.2.3. Raffinage du pétrole

Le modèle de raffinage est basé sur le document intitulé *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production* (ICPP, 2004), préparé en 2004 par la firme Levelton Consultants Ltd. pour l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP), Ressources naturelles Canada (RNC), Environnement Canada et Industrie Canada. Cette étude, fruit d'un sondage effectué auprès de l'industrie du raffinage, utilise les données recueillies ainsi que d'autres données du Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC), pour élaborer des estimations des émissions de GES pour 1990 et pour la période 1994–2002.

La présente discussion sur la méthodologie utilisée pour les raffineries se divise en trois parties : les émissions fugitives (rejets accidentels), l'évacuation (émissions attribuables aux procédés) et le torchage. La méthodologie utilisée pour les émissions de la combustion est présentée à l'Annexe 3.1 du rapport d'inventaire national.

Méthodologie

Émissions fugitives

Les CE du CO₂ et du CH₄, élaborés par Levelton Consultants Ltd., ont été présentés dans l'étude sur les raffineries (ICPP, 2004). Ces CE sont utilisés pour estimer les émissions fugitives des années qui ne sont pas incluses dans l'étude, soit 1991–1993 et à partir de 2003.

Les émissions fugitives sont calculées à l'aide de l'Équation A3.2–16 :

Équation A3.2–16

$$\text{Émissions fugitives de GES (t)} = \text{Coefficient d'émission (t/GJ)} \times \text{Consommation annuelle d'énergie des raffineries (GJ)}$$

Coefficient d'émission	=	2,78 t CO ₂ /GJ pour le CO ₂ et 11,89 t CH ₄ /GJ pour le CH ₄
Consommation annuelle d'énergie des raffineries	=	somme de l'énergie de tous les carburants consommés par les raffineries et inclus dans le Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (BDEE) (Statistique Canada, 1990–), y compris les carburants présentés dans le tableau des produits pétroliers raffinés, sous la rubrique « autoconsommation ». La consommation d'énergie est la même que celle du modèle de combustion fixe utilisé à la section 1.A.1.b. Raffinage du pétrole dans le tableau des catégories du CUPR.

Selon l'étude des raffineries, les émissions de N₂O pour 1990 et pour la période 1994–2002 sont restées constantes à 100 t N₂O/an; toutefois, l'étude des raffineries ne contient pas assez de données pour permettre d'élaborer un CE pour ces émissions. Les émissions de N₂O ont été maintenues à un niveau constant de 100 t N₂O/an pour les années 1991–1993 et à partir de 2003. Il a été présumé que les émissions de N₂O indiquées dans l'étude des raffineries sont des émissions résiduelles provenant de sources de combustion, et que la majeure partie des émissions de N₂O dues au raffinage du pétrole ont été correctement déclarées dans la section sur les sources de combustion stationnaires de l'inventaire.

Émissions des procédés (évacuation)

Les émissions des procédés sont surtout dues à l'évacuation de CO₂ lors de la production d'hydrogène à l'aide de gaz naturel. Cet hydrogène est utilisé comme composante dans la production de produits pétroliers raffinés (PPR). Au moyen de données fournies par l'étude des raffineries pour les années 1990, 1994–1998 et 2000–2002, les émissions de CO₂ attribuables à la production d'hydrogène ont été mises en corrélation avec la production annuelle de PPR des raffineries. Ces résultats ont été utilisés pour estimer les émissions de CO₂ des années 1991–1993 et 1999 et à partir de 2003.

Émissions produites par torchage

Les émissions produites par torchage ont été déterminées pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O au moyen des estimations contenues dans l'étude des raffineries et de la production de PPR des raffineries canadiennes. L'étude a fourni les émissions pour les années 1990, 1994–1998 et 2000–2002; ces émissions ont été mises en corrélation avec la production annuelle de PPR des raffineries. Les émissions produites par torchage des années 1991–1993 et 1999 et à partir de 2003 ont été estimées à l'aide de cette corrélation et des données sur la production connue de PPR.

Données sur les activités

Les données sur les activités présentées au Tableau A3.2–21 ont servi au calcul des émissions fugitives des raffineries :

Tableau A3.2–21 Données sur les activités des raffineries et leurs sources		
Origine	Publication	Données sur les activités
Statistique Canada	<i>Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada</i> (BDEE) (Statistique Canada, 1990–)	Consommation annuelle d'énergie des raffineries et des producteurs (par raffinerie) Production des PPR par des raffineries
Institut canadien des produits pétroliers (ICPP)	<i>Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production</i> , Levelton Consultants Ltd (ICPP, 2004)	Émissions fugitives
		Tableau 3–2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP – détaillé (kilotonnes)
		Émissions attribuables aux procédés
		Tableau 3–2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP – détaillé (kilotonnes)
		Émissions par torchage
		Annexe E – Gaz de torche

A3.2.2.4. Distribution du gaz naturel

Les gazoducs de distribution du gaz naturel recueillent le gaz haute pression des gazoducs de transport, en réduisent la pression et le distribuent dans les conduites principales souterraines et les conduites de branchement des utilisateurs finaux individuels. Les émissions sont surtout attribuables aux fuites fugitives provenant de l'équipement et à l'évacuation par les bouches d'aération dans les pipelines, les stations de comptage et les postes régulateurs, le stockage en surface à court terme et les compteurs résidentiels, commerciaux et industriels.

Méthodologie

On calcule les émissions fugitives attribuables à la distribution du gaz naturel pour la période 1990–1999 en se basant sur un rapport de l'Association canadienne du gaz (ACG) intitulé *1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry* (ACG, 1997) et sur le rapport du Gas Research Institute (GRI) intitulé *Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada* (GRI, 2000). L'étude de l'ACG estimait les émissions de l'industrie canadienne des gazoducs pour les années 1990 et 1995 à l'aide d'une méthode de niveau 3 du GIEC. Le calcul des émissions se faisait d'après les CE de l'EPA des États-Unis, d'autres sources publiées et des estimations techniques. Les données sur les activités provenaient de sources publiées et d'enquêtes spécialisées auprès des compagnies de matériel de distribution du gaz. Les enquêtes contenaient des informations sur les nomenclatures d'équipement, les paramètres d'utilisation du matériel, les longueurs de gazoducs dans le réseau de distribution canadien, etc. Le rapport du GRI (2000) est une mise à jour de l'étude de l'ACG (1997) qui présente des données plus précises et complètes en ce qui concerne les fuites d'évacuation aux installations. Un coefficient d'émission a été établi pour le réseau de distribution à partir des données d'étude (ACG, 1997 et GRI, 2000) et des longueurs de gazoduc par province (selon Statistique Canada), ce qui a permis d'estimer les émissions pour la période 1990–1999.

Pour l'année 2000 et les années suivantes, les émissions sont basées sur les données de l'étude PGA (EC, 2014), qui recourait à une méthode de niveau 3 du GIEC cumulant les émissions de GES déclarées par chaque entreprise de gaz naturel pour 2005 et 2011. Les données saisies au sujet de l'industrie de la distribution du gaz naturel ont été regroupées par ORTECH Consulting Inc. (2013) pour le Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation (CEPEI). Les données relatives aux années 2000–2004, 2006–2010 et 2012–2014 ont été fournies directement par le CEPEI, là aussi à partir d'une méthode de niveau 3 du GIEC. Les émissions de 2015–2021 ont été estimées selon la longueur des gazoducs, au moyen de la méthode dictée par l'Équation A3.2–5.

Les émissions fugitives attribuables à la distribution du gaz naturel pour chacune des provinces ont d'abord été estimées, puis additionnées afin d'obtenir les émissions totales pour le Canada. À l'heure actuelle, il n'y a aucun gazoduc de distribution dans les provinces et territoires suivants : Terre-Neuve-et-Labrador, Île-du-Prince-Édouard, Nunavut, et Yukon.

Données sur les activités

Les données requises sur les activités sont la longueur des pipelines de distribution par province, lesquelles étaient auparavant publiées dans le rapport de Statistique Canada intitulé *Transport et distribution du gaz naturel*. Statistique Canada a interrompu la publication en 2003, mais continue de recueillir les données et de les transmettre à ECCC (Statistique Canada, 2022). Cependant, les longueurs de pipelines n'ont été fournies que jusqu'en 2020 inclusivement; par conséquent, les longueurs de pipelines de 2021 pour toutes les provinces ont été estimées au moyen des variations de longueurs relevées entre 2019 et 2020.

Pour le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, les longueurs des pipelines pour la période de 2000 à 2006 ont été fournies par Enbridge Gas New Brunswick⁴ et Heritage Gas⁵, respectivement. Dans les Territoires du Nord-Ouest, le pipeline Ikhil a commencé à fournir du gaz naturel à Inuvik en 1999. Les longueurs des pipelines de distribution pour 1999–2006 ont été estimées en fonction des changements relevés entre 2007 et 2008.

La longueur des pipelines en 2007 pour la Colombie-Britannique fournie par Statistique Canada était deux fois plus grande que la valeur de 2006. Statistique Canada a confirmé que les données de 2006 et des années précédentes étaient erronées, mais n'a pas pu fournir de données corrigées. La valeur de 1999 était présumée bonne, et une tendance linéaire a été utilisée pour estimer les valeurs de 2000 à 2006.

4 Enbridge Gas New Brunswick. 2010. Communication personnelle (courriel daté du 7 décembre 2010 de L. Nicholson, coordonnateur des communications, Enbridge Gas New Brunswick, à S. Smyth, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement Canada).

5 Heritage Gas. 2010. Communication personnelle (courriel daté du 7 décembre 2010 de J. Bracken, président, Heritage Gas, à S. Smyth, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement Canada).

A3.2.2.5. Industrie des sables bitumineux et de la valorisation du pétrole lourd

L'industrie des sables bitumineux et de la valorisation du pétrole lourd (SB/VPL) produit du pétrole brut synthétique et d'autres produits du bitume. Le bitume est une substance visqueuse naturelle formée d'hydrocarbures plus lourds que le pentane et d'autres contaminants, comme des composés soufrés. Dans son état naturel, il ne peut s'écouler dans un réservoir ou sur la surface. Le bitume est au bas de l'échelle des pétroles bruts lourds, et est parfois appelé pétrole brut ultra-lourd. Le terme « sables bitumineux » est utilisé par le gouvernement de l'Alberta pour désigner certaines régions de l'Alberta où se trouvent des concentrations des sables bitumineux et des dépôts d'autres types de pétrole lourd brut. Les sables bitumineux sont un mélange non consolidé de sable, d'argile, d'eau et de bitume.

Dans cette région, le bitume est extrait dans des mines de sables bitumineux à ciel ouvert ou dans des installations situées sur place, à l'aide de techniques d'extraction thermique. Les émissions attribuables à l'extraction du bitume sur place sont calculées dans l'étude PGA (ACPP, 2005a). Deux rapports distincts, *A National Inventory of GHGs, CACs and H₂S Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry: 1990 to 2003* (ACPP, 2006) (ci-après appelé l'étude sur le bitume) et préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP), et une mise à jour de l'étude réalisée en 2017 par Clearstone pour ECCC intitulée *An Inventory of GHGs, CACs, and Other Priority Emissions by the Canadian Oil Sands Industry: 2003 to 2015* (ECCC, 2017) (ci-après appelée l'étude sur les sables bitumineux), incluent les émissions fugitives attribuables à l'extraction, au traitement et à la valorisation du bitume et du pétrole lourd.

En général, l'étude sur le bitume (ACPP, 2006) est la source des données utilisées pour le calcul des estimations des émissions fugitives pour la période 1990–2003, et l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017) est la source des estimations des émissions fugitives pour la période 2004–2021 pour l'industrie des SB/VPL. Les principales sources d'émissions de l'industrie des SB/VPL sont :

- les émissions attribuables au procédé de reformage à la vapeur du gaz naturel afin de produire de l'hydrogène pour la valorisation
- le CH₄ présent dans les dépôts de sables bitumineux et émis lors de l'extraction, de l'assèchement des puits de mine et de la manutention du minerai
- la volatilisation des hydrocarbures provenant des sables bitumineux exposés et celle causée par le transport et la manutention des sables bitumineux
- la formation de gaz biogène (surtout du CH₄) dans les bassins de résidus
- la volatilisation et la décomposition du bitume résiduel et du diluant, qui persistent jusqu'aux bassins de résidus
- les fuites attribuables à l'équipement, au dégazage, au torchage et aux pertes durant le stockage dans les installations de préparation, d'extraction et de valorisation du minerai et leurs usines de génération et de cogénération
- les déversements et les émissions accidentels
- les sources secondaires, comme les installations de traitement des effluents, les sites d'enfouissement, les chantiers, les activités manufacturières, les parcs de véhicules, les avions d'affaires, ainsi que les bateaux et les dragues utilisés sur les bassins de résidus miniers

Étude sur le bitume : estimation des émissions pour la période 1990–2003

L'étude sur le bitume (ACPP, 2006) compile les inventaires de niveau 3 d'installations de l'industrie des SB/VPL de 1990 à 2003. Le Tableau A3.2–22 énumère les installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude.

Les limites géographiques des installations ont été déterminées de façon à prendre en compte toutes les émissions, y compris celles des usines de cogénération.

L'étude sur le bitume (ACPP, 2006) se base sur les données d'émissions contenues dans les rapports des différentes installations, dans la mesure du possible. Ces données ont été comparées à celles des inventaires et aux données transmises au ministère de l'Environnement de l'Alberta. Sinon, les émissions ont été estimées en fonction des données

Tableau A3.2–22 Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur le bitume (ACPP, 2006)

Exploitant	Nom de l'installation
Husky Energy Inc.	Installation de valorisation de Lloydminster
Consumer's Co-operative Refineries Ltd.	Installation de valorisation de Regina
Suncor Énergie Inc.	Tar Island
Synchrude Canada Ltd.	Mildred Lake et Aurora

sur les activités disponibles et sur les CE. Les émissions ont été estimées de deux façons. La première méthode, celle des CE, utilise les données sur les activités et des CE normalisés. Dans les cas où les données sur les activités n'étaient pas disponibles, la méthode de l'indice de coefficient d'émission a été utilisée. Pour plus de détails sur ces méthodes, consultez l'étude sur le bitume (ACPP, 2006).

Les sources des données sur les activités utilisées pour estimer les émissions sont les suivantes :

- renseignements sur les exploitants des installations
- statistiques sur l'énergie publiées par l'Alberta Energy Regulator (AER)
- résultats de la surveillance des émissions à la source transmis au ministère de l'Environnement de l'Alberta
- données des rapports des compagnies aux Mesures volontaires et Registre (MVR)
- dossiers des évaluations environnementales réalisées lors de demandes récentes de développement énergétique dans l'industrie des SB/VPL
- littérature

Pour plus de détails, consultez l'étude sur le bitume (ACPP, 2006).

Étude sur les sables bitumineux : estimation des émissions pour la période 2003–2020

L'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017) est un inventaire des émissions de niveau 3 pour les installations de l'industrie des SB/VPL réalisé pour l'année de référence 2015. Elle a servi de fondement pour extrapoler les émissions futures et passées. Lorsque des exploitants pouvaient fournir des rapports sur les émissions des installations, l'extrapolation n'était pas nécessaire et les émissions réelles étaient utilisées. Ces rapports sur les émissions étaient vérifiés par Clearstone Engineering Ltd. Le Tableau A3.2–23 est une liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude.

L'installation de valorisation de Regina exploitée par Consumers' Co-operative Refineries Limited a été exclue de l'étude sur les sables bitumineux, car elle est définie strictement comme une raffinerie, même si la valorisation de pétrole lourd y est effectuée. Les activités de la raffinerie ont commencé en 1935 et les unités de valorisation ont été ajoutées en 1988. Elle a été incluse dans l'étude sur le bitume (ACPP, 2006) en raison de ses capacités de valorisation du pétrole lourd. Les émissions fugitives de cette installation sont estimées à l'aide du modèle de raffinerie (voir la section A3.2.2.3).

En 2016, l'usine d'extraction d'hydrocarbures liquides d'Horizon exploitée par Inter Pipeline Offgas Ltd. est entrée en service. Les émissions de cette installation ont été estimées à l'aide des données sur les émissions de l'usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor (ECCC, 2017) et des données sur les activités au niveau de l'installation (AER, 1990–) pour les deux installations. Cette méthode est justifiée en raison des activités semblables dans les deux installations. À la fin de 2017, la mine de Fort Hills est entrée en service. L'estimation des émissions de cette installation a été établie à l'aide des données sur les émissions déclarées au Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) (ECCC, 2022a).

Tableau A3.2–23 Liste des installations de l'industrie des SB/VPL comprises dans l'étude sur les sables bitumineux d'ECCC (ECCC, 2017)		
Exploitant	Nom de l'installation	Activités d'exploitation des sables bitumineux
Suncor Énergie Inc.	Mines et installation de valorisation de Millennium et de Steepbank	Installation intégrée d'extraction et de valorisation
Syncrude Canada Ltd.	Mines et installation de valorisation de Mildred Lake et d'Aurora	
Canadian Natural Resources Ltd.	Mine et installation de valorisation de Horizon	
Husky Energy Inc.	Installation de valorisation de Lloydminster	Valorisation
Shell Canada Énergie	Installation de valorisation de Scotford	
Nexen Energy ULC	Installation de valorisation de Long Lake	
Pétrolière Impériale Ressources	Mine Kearl	Exploitation minière et traitement du minerai
Canadian Natural Upgrading Ltd.	Mine de la rivière Muskeg et mine Jackpine	
Aux Sable Canada Ltd.	Usine de dégazage Heartland	Extraction d'hydrocarbures liquides
Inter Pipeline Offgas Ltd.	Usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor	

Tableau A3.2–24 **Fondement des estimations des émissions pour chaque installation de l'industrie des SB/VPL**

Exploitant	Nom de l'installation	Étude sur le bitume	Étude sur les sables bitumineux
Suncor Énergie Inc.	Mines et installation de valorisation de Millennium et de Steepbank	1990–2003	2004–2021
Syncrude Canada Ltd.	Mines et installation de valorisation de Mildred Lake et d'Aurora	1990–2003	2004–2021
Husky Energy Inc.	Installation de valorisation de Lloydminster	1992–2003	2004–2021
Canadian Natural Upgrading Ltd.	Mine de la rivière Muskeg et mine Jackpine	-	2002–2021
Shell Canada Énergie	Installation de valorisation de Scotford	-	2003–2021
Inter Pipeline Offgas Ltd.	Usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor	-	2003–2021
Canadian Natural Resources Ltd.	Mine et installation de valorisation de Horizon	-	2008–2021
Nexen Energy ULC	Installation de valorisation de Long Lake	-	2009–2021
Aux Sable Canada Ltd.	Usine de dégazage Heartland	-	2011–2021
Pétrolière Impériale Ressources	Mine Kearl	-	2013–2021
Inter Pipeline Offgas Ltd.	Usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Horizon	Les estimations des émissions pour 2016–2021 ont été établies à l'aide des données sur les émissions de l'usine d'extraction d'hydrocarbures liquides de Suncor (ECCC, 2017) et des données sur les activités au niveau de l'installation (AER, 1990–).	
Fort Hills Energy Corporation	Mine de Fort Hills	Les estimations des émissions pour 2017–2021 ont été établies à l'aide des données déclarées au Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre (ECCC, 2022a).	

Selon le moment où une installation a commencé ses activités, les émissions ont été estimées à l'aide de données de l'étude sur le bitume (ACPP, 2006), de l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017), ou des deux. Le Tableau A3.2–24 présente l'étude utilisée pour estimer les émissions de chaque année de la série chronologique de chaque installation.

Méthode d'extrapolation des estimations des émissions

Le modèle sur les sables bitumineux permet d'estimer les émissions pour l'industrie des SB/VPL pour 2003–2021 en multipliant les données sur les émissions pour l'année de référence (c'est-à-dire 2015) par le ratio qui existe entre les données sur les activités de l'année non inventoriée et les données sur les activités de l'année de référence, comme le montre l'Équation A3.2–17. Les données sur les émissions pour l'année de référence ont été tirées de l'étude sur les sables bitumineux (ECCC, 2017).

Équation A3.2–17

$$TE_{ij}^k = TE_{ij}^{an\,réf} \times \left(\frac{CA_j^k}{CA_j^{an\,réf}} \right)$$

TE_{ij}^k = taux d'émission du composé i , à la source j pendant l'année k (t/an)

$TE_{ij}^{an\,réf}$ = taux d'émission du composé i , à la source j pendant l'année de référence (p. ex., 2015) (t/an)

CA_j^k = coefficient d'activité pour la source j et l'année k

$CA_j^{an\,réf}$ = coefficient d'activité de l'année de référence (p. ex., 2015) pour la source j

Données sur les activités

Le Tableau A3.2–25 énumère les données sur les activités utilisées pour estimer les émissions fugitives pour chaque activité d'exploitation des sables bitumineux et sous-catégorie d'émissions.

Tableau A3.2–25 **Données sur les activités requises pour le modèle des sables bitumineux**

Activités d'exploitation des sables bitumineux	Catégorie de la source	Sous-catégorie	Données sur les activités aux fins d'extrapolation
Extraction d'hydrocarbures liquides	Torchage et incinération	Toutes	Arrivage de gaz de procédé (AER, 1990–)
	Émissions fugitives	Fuites d'équipement	
	Évacuation	Toutes	
Exploitation minière et traitement du minéral	Torchage et incinération	Toutes	Production de bitume naturel (AER, 1990–)
	Émissions fugitives	Fuites d'équipement	
		Front d'avancement exposé	
		Autre	
		Pertes durant le stockage	
		Bassins de résidus	
	Émissions attribuables aux procédés	Récupération du soufre	
Valorisation	Évacuation	Toutes	Production de pétrole brut synthétique (AER, 1990– ; Husky Energy Inc., 1998–2019; Cenovus Energy, 2022)
	Torchage et incinération	Toutes	
	Émissions fugitives	Fuites d'équipement	
		Autre	
		Déversements et ruptures de pipeline	
		Pertes durant le stockage	
	Évacuation	Toutes	
	Émissions attribuables aux procédés	Récupération du soufre	
		Production de H ₂	

A3.2.2.6. Puits de pétrole et de gaz abandonnés

Lorsqu'un puits de pétrole ou de gaz atteint sa fin de vie productive, l'exploitant du puits doit l'abandonner adéquatement en retirant tout l'équipement et en le bouchant. Cela est effectué pour prévenir les fuites de gaz du puits et prévenir la migration du pétrole et du gaz vers des couches avoisinantes. Cependant, du CH₄ peut être émis dans l'atmosphère même lorsque les pratiques exemplaires liées à l'abandon des puits sont suivies. En outre, il existe des puits abandonnés qui n'ont pas été déclassés de façon appropriée, ce qui s'explique par un certain nombre de raisons, notamment l'abandon avant l'adoption d'un règlement et la faillite de l'exploitant du puits.

Il existe deux principales catégories de puits abandonnés : bouchés ou non bouchés. Les puits non bouchés sont des puits sans production récente (c'est-à-dire inactifs, temporairement abandonnés/dont l'exploitation est suspendue ou en suspens) ou sans exploitant (c'est-à-dire puits orphelins). Les puits bouchés sont des puits qui ont été bouchés à l'aide d'un bouchon en ciment ou mécanique afin de prévenir la migration des fluides. Des émissions s'échappent des puits bouchés et non bouchés, mais les émissions des puits non bouchés sont considérablement plus élevées que celles des puits bouchés. Les émissions varient également selon le type de production, un fait pris en compte par la méthode décrite ici, qui différencie les types de production à l'aide de l'information historique disponible sur les puits.

Méthode

Une méthode de niveau 1 a été utilisée pour estimer les émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés à l'aide de l'Équation A3.2–18 :

Équation A3.2–18

$$TE_{i,j}^k = \sum_{j=1}^n CE_{i,l} \times Nb\text{puits}_{j,l}^k$$

$TE_{i,j}^k$ = taux d'émission du composé i , à la source j pendant l'année k (t/an)

$CE_{i,l}$ = coefficient d'émission par puits abandonné pour le composé i et le type de puits l (t/an)

$Nb\text{puits}_{j,l}^k$ = nombre de puits pour la province j , type de puits l et année k

Coefficients d'émission

La méthode emploie une combinaison de CE de CH₄ propres à la région. Ces CE ont été établis à partir des résultats de plusieurs études sur le terrain menées au Canada et aux États-Unis, qui comprenaient toutes la mesure directe des émissions de puits abandonnés. La couverture géographique collective de ces études leur permet de fournir des CE nationaux et propres aux provinces pour les puits abandonnés au Canada. Les CE nationaux canadiens ont été élaborés par Williams et al. (2020) à l'aide des résultats de mesures de puits réalisées en Colombie-Britannique et au Nouveau-Brunswick ainsi que dans certaines régions des États-Unis. L'intégration de données de mesures faites aux États-Unis procure un échantillon plus volumineux et plus représentatif des émissions de puits abandonnés en Amérique du Nord. L'étude de Williams fournit également des CE pour la Colombie-Britannique. Des campagnes de mesures menées ultérieurement en Ontario (El Hachem et Kang, 2022) et en Alberta (Bowman et al., 2022) ont fourni des CE pour les puits abandonnés dans ces provinces. La méthode décrite ici utilise les CE provinciaux pour estimer les émissions des types de puits applicables en Colombie-Britannique, en Alberta et en Ontario, et applique les CE nationaux de Williams et al. à tous les autres puits abandonnés au Canada.

Le Tableau A3.2–26 montre les CE utilisés pour estimer les émissions des puits de pétrole et de gaz abandonnés, y compris les puits de production et les puits non producteurs servant à l'injection, au refoulement ou à d'autres fins auxiliaires. Les CE sont présentés selon l'état d'obstruction (puits bouché ou non bouché) et l'emplacement (sur terre ou au large). Pour les provinces où des données limitées sont accessibles sur l'état d'obstruction des puits, le coefficient d'émissions pour l'état d'obstruction inconnu est utilisé.

Tableau A3.2–26 Coefficients d'émission pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés

Lieu	Région	Type de puits	État d'obstruction	Coefficient (kg CH ₄ /puits/an)	Incertitude
À terre	ON ^a	Gaz naturel	Bouché	18,40	-95 % à +367 %
			Non bouché	88,48	-90 % à +174 %
	AB ^b	Pétrole brut	Bouché	4,38	-87 % à +130 %
	BC	Autre	Non bouché	1,31	-99 % à +150 %
	Reste du Canada	Gaz naturel	Bouché	42,05	-87 % à +130 %
			Non bouché	192,72	-99 % à +150 %
			Inconnu	107,78	-83 % à +124 %
		Pétrole brut	Bouché	0,40	-87 % à +130 %
			Non bouché	105,12	-99 % à +150 %
			Inconnu	58,13	-83 % à +124 %
		Autre	Bouché	13,14	-87 % à +130 %
			Non bouché	87,60	-99 % à +150 %
			Inconnu	12,48	-83 % à +124 %
		Gaz naturel	Bouché	0,37	-95 % à +367 %
			Non bouché	1,77	-90 % à +174 %
			Inconnu	1,16	-83 % à +124 %
Au large	ON ^a	Gaz naturel	Bouché	0,37	-95 % à +367 %
			Non bouché	1,77	-90 % à +174 %
			Inconnu	1,16	-83 % à +124 %
	Reste du Canada	Pétrole brut	Bouché	0,01	-87 % à +130 %
			Non bouché	2,10	-99 % à +150 %
			Inconnu	1,16	-83 % à +124 %
		Gaz naturel	Bouché	0,84	-87 % à +130 %
			Non bouché	3,85	-99 % à +150 %
		Gaz naturel	Bouché	0,84	-87 % à +130 %
			Non bouché	3,85	-99 % à +150 %
			Inconnu	2,16	-83 % à +124 %

Notes :

À moins d'indication contraire, les coefficients d'émission ont été directement tirés de Williams et al. (2020).

Autre = Puits de service, d'injection, de refoulement et autres puits auxiliaires non associés à la production de pétrole brut ou de gaz naturel.

Les coefficients d'émissions relatifs au pétrole brut s'appliquent aux puits abandonnés associés à tous les types de production de pétrole brut.

Les coefficients d'émission au large ont été établis en multipliant les coefficients d'émission sur terre correspondants par 0,02, ce qui suppose que 98 % du méthane émis par les puits au large se dissout dans l'eau de mer (GIEC, 2019).

a. El Hachem et Kang (2022)

b. Bowman et al. (2022)

Données sur les activités

Le nombre annuel de puits abandonnés par province a été établi à l'aide des sources de données indiquées dans le Tableau A3.2–27.

Le nombre de puits abandonnés pour chaque année de la série chronologique a été réparti en sous-catégories selon le type de puits (gaz naturel, pétrole brut ou autre), l'état du puits (bouché, non bouché ou inconnu) et l'emplacement (sur terre ou au large). De nombreuses suppositions ont été formulées pour déterminer l'état d'obstruction d'un puits.

- Un puits non bouché est un puits dont l'état est suspendu ou inactif.
- Un puits bouché est un puits dont l'état est abandonné, abandonné en fond de trou, ou inutile et abandonné.
- Tout puits au large qui est abandonné ou ne produit pas pendant une période prolongée est considéré comme bouché.
- Si l'état d'obstruction n'a pu être déterminé, il a été considéré comme inconnu et le coefficient d'émission correspondant a été utilisé pour estimer les émissions.

Dans le cas des Territoires du Nord-Ouest et de la Nouvelle-Écosse, ce niveau de désagrégation des données sur les activités n'était pas possible. Dans le cas des Territoires du Nord-Ouest, il n'existe aucune donnée publique sur les puits de pétrole et de gaz abandonnés et, par conséquent, il était difficile d'évaluer le nombre de puits abandonnés. Ainsi, les données de l'ACPP (ACPP, 2022) ont été utilisées pour estimer le nombre de puits abandonnés. Il est présumé que le nombre de puits abandonnés est la différence entre le nombre total de puits forés dans la province et le nombre de puits de pétrole et de gaz terminés dans la province. Après quoi, il est présumé que la durée de vie moyenne des puits terminés est de 20 ans. Dans le cas de la Nouvelle-Écosse, les données sur la production mensuelle par puits ont été utilisées pour déterminer la date d'abandon d'un puits. Il est présumé que les puits ont été abandonnés six mois après la dernière production.

Pour les autres provinces (c'est-à-dire l'Alberta, la Colombie-Britannique, la Saskatchewan, le Yukon, le Manitoba, le Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve et l'Ontario), assez de renseignements étaient disponibles dans les ensembles de données provinciaux pour déterminer le nombre de puits abandonnés par type de puits, état et emplacement.

Parfois, le type de puits n'était pas connu. Dans ce cas, les émissions de ces puits sont attribuées au pétrole et au gaz en fonction du rapport connu entre les puits abandonnés de pétrole et les puits abandonnés de gaz au cours de la même année. Dans le même ordre d'idée, les émissions des puits non associés à la production (c.-à-d. autres) sont attribuées au pétrole et au gaz en fonction du rapport entre les puits de production de gaz et de pétrole ayant le même état (bouché, non bouché ou inconnu) au cours de la même année.

Il est estimé qu'en 2021, le nombre total de puits de gaz et de pétrole abandonnés au Canada s'élevait à environ 405 000.

Tableau A3.2–27 Données sur les activités requises pour les puits de pétrole et de gaz abandonnés		
Région	Source	Publication
AB	Alberta Energy Regulator	ST37 : List of Wells in Alberta (AER, 2022g)
BC	British Columbia Oil and Gas Commission	Well Surface Hole Locations (BCOGC, 2022g)
SK	Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan	Le nombre de puits abandonnés a été fourni sur demande ^a
MB	Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba	Petroleum Statistics, Unique Well Identifier Key List Report (MBRNDN, 2022d)
ON	Ontario Oil, Gas & Salt Resource Library	Petroleum Well Data (OGSRL, 2022)
NL	Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers	Schedule of Wells Summary (OCTLHE, 2022)
NS	Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers	Rapport de production du projet Cohasset Panuke (OCNEHE, 2019) Rapport de production du projet Sable Offshore (OCNEHE, 2019) Rapport de production du projet Deep Panuke (OCNEHE, 2019)
YT	Gouvernement du Yukon : Énergie, Mines et Ressources	Yukon Well Listing (YK, 2020)
NT	Guide des statistiques de l'ACPP	Catégories des terres, de la prospection et du forage (ACPP, 2022) • Puits de pétrole terminés • Puits de gaz terminés • Puits forés
QC	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec	Rapport sur l'état des puits d'hydrocarbures inactifs au Québec (2021)
NB	Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick	New Brunswick Well Listing (NBRNDÉ, 2020)
Note :		
a. Ministère de l'Économie de la Saskatchewan. 2022. Communication personnelle (courriel de A. Perras à O. Barrigar, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada, daté du 31 octobre 2022).		

A3.2.2.7. Émissions fugitives en aval du compteur

Comme le décrit la section A3.2.2.4, le secteur de la distribution du gaz naturel comprend les émissions produites jusqu'aux compteurs résidentiels, commerciaux et industriels, y compris celles provenant de ces compteurs. Les émissions fugitives en aval du compteur sont celles qui surviennent après les compteurs de gaz, notamment les fuites fugitives provenant des appareils au gaz naturel des secteurs résidentiel et commercial, les fuites des véhicules au gaz naturel et les fuites aux centrales électriques et aux installations industrielles qui consomment du gaz naturel.

Méthode

Une méthode de niveau 1 a été utilisée pour estimer les émissions fugitives en aval du compteur à l'aide de l'Équation A3.2–19.

Équation A3.2–19

$$TE_{i,j,k} = \sum_{j=1}^n CE_{véh_{i,j}} \times N_{véh_{j,k}} + CE_{app_{i,j,k}} \times N_{app_{j,k}} + CE_{ind_{i,j,k}} \times N_{ind_{j,k}}$$

$TE_{i,j,k}$	=	taux d'émission du composé i , pour la province j pendant l'année k (t/an)
$CE_{véh_{i,j}}$	=	coefficient d'émission du composé i des véhicules alimentés au gaz naturel, pour la province j (t/an)
$N_{véh_{j,k}}$	=	nombre de véhicules alimentés au gaz naturel dans la province j pendant l'année k
$CE_{app_{i,j,k}}$	=	coefficient d'émission du composé i des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux, pour la province j et l'année k (t/an)
$N_{app_{j,k}}$	=	nombre d'appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux dans la province j pendant l'année k
$CE_{ind_{i,j,k}}$	=	coefficient d'émission des fuites du composé i dans les installations industrielles et les centrales électriques de la province j pendant l'année k (t/10 ⁶ m ³ de gaz naturel consommé)
$N_{ind_{j,k}}$	=	volume de gaz naturel consommé dans les installations industrielles et les centrales électriques de la province j pendant l'année k (10 ⁶ m ³)

Coefficients d'émission

Des coefficients d'émission (CE) de niveau 1 sont présentés dans le document *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2019); ils reposent sur une densité moyenne de 0,72 kg/m³, une teneur en énergie de 35 MJ/m³, une teneur en CO₂ de 0,9 % et une teneur en composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) de 2,8 %. Ces CE ont été adaptés aux contextes particuliers du Canada à l'aide des compositions, des densités et des teneurs en énergie moyennes annuelles des gaz dans chaque province et territoire, pour assurer la concordance avec les propriétés du gaz naturel commercialisable ayant servi à estimer les émissions de la combustion du gaz naturel. Pour en savoir plus sur les données employées relativement à la combustion du gaz naturel commercialisable, voir la section A6.1.1 de l'Annexe 6. À noter que les CE par défaut du GIEC pour les véhicules alimentés au gaz naturel n'ont pas été modifiés. Les coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur sont présentés dans le Tableau A3.2–28, le Tableau A3.2–29 et le Tableau A3.2–30.

Données sur les activités

Le Tableau A3.2–31 présente les données sur les activités et les sources utilisées pour estimer les émissions fugitives en aval du compteur.

Le nombre de véhicules alimentés au gaz naturel est tiré des statistiques internes d'ECCC sur le parc de véhicules pour chaque province et année.

Tableau A3.2–28 Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur des appareils au gaz naturel résidentiels et commerciaux par année et par province ou territoire

Année	Coefficient d'émission de CH ₄ (kg/appareil)								Coefficient d'émission de CO ₂ (kg/appareil)							
	NS et NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC	NT	NS et NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC	NT
1990–1998	3,42	3,39	3,39	3,38	3,36	3,51	3,44	4,00	0,183	0,061	0,061	0,064	0,026	0,064	0,014	0,033
1999	3,39	3,37	3,37	3,36	3,34	3,46	3,41	4,00	0,165	0,060	0,060	0,063	0,031	0,061	0,022	0,033
2000	3,37	3,35	3,35	3,34	3,33	3,42	3,38	4,00	0,146	0,060	0,060	0,062	0,035	0,059	0,030	0,033
2001	3,34	3,33	3,33	3,33	3,31	3,37	3,35	4,00	0,128	0,059	0,059	0,060	0,039	0,056	0,038	0,033
2002	3,32	3,31	3,31	3,31	3,30	3,33	3,32	4,00	0,110	0,058	0,058	0,059	0,043	0,054	0,045	0,033
2003	3,30	3,29	3,29	3,29	3,28	3,28	3,30	4,00	0,092	0,057	0,057	0,058	0,047	0,051	0,053	0,033
2004	3,27	3,27	3,27	3,27	3,26	3,24	3,27	4,00	0,074	0,056	0,056	0,057	0,051	0,049	0,061	0,033
2005	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,19	3,24	4,00	0,055	0,056	0,055	0,055	0,056	0,046	0,069	0,033
2006	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,18	3,25	4,00	0,055	0,056	0,055	0,055	0,055	0,057	0,068	0,033
2007	3,26	3,26	3,26	3,27	3,27	3,19	3,24	4,00	0,057	0,058	0,057	0,056	0,057	0,051	0,076	0,033
2008	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,19	3,24	4,00	0,061	0,061	0,061	0,060	0,061	0,050	0,075	0,033
2009	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,19	3,25	4,00	0,059	0,060	0,059	0,058	0,058	0,047	0,079	0,033
2010	3,28	3,28	3,27	3,28	3,28	3,20	3,26	4,00	0,059	0,061	0,063	0,057	0,057	0,051	0,072	0,033
2011	3,28	3,28	3,28	3,28	3,27	3,20	3,27	4,00	0,061	0,062	0,063	0,059	0,058	0,058	0,063	0,033
2012	3,27	3,27	3,26	3,28	3,04	3,19	3,26	4,00	0,062	0,063	0,066	0,058	0,007	0,052	0,072	0,033
2013	3,27	3,27	3,26	3,28	3,04	3,19	3,25	4,00	0,056	0,059	0,053	0,061	0,008	0,052	0,072	0,033
2014	3,26	3,27	3,25	3,28	3,02	3,19	3,23	4,00	0,061	0,059	0,062	0,059	0,007	0,052	0,076	0,033
2015	3,24	3,24	3,24	3,25	3,02	3,18	3,20	4,00	0,053	0,058	0,046	0,058	0,007	0,048	0,073	0,033
2016	3,25	3,25	3,24	3,26	3,18	3,17	3,19	4,00	0,048	0,057	0,038	0,058	0,033	0,051	0,081	0,033
2017	3,24	3,22	3,24	3,24	3,13	3,16	3,17	4,00	0,048	0,052	0,033	0,058	0,035	0,056	0,085	0,033
2018–2021	3,23	3,21	3,23	3,23	3,14	3,16	3,16	4,00	0,053	0,056	0,039	0,062	0,035	0,059	0,083	0,033

Tableau A3.2–29 Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur pour les fuites dans les installations industrielles et les centrales électriques par année et par province ou territoire

Année	Coefficient d'émission de CH ₄ (kg/10 ⁶ m ³ de gaz naturel consommé)								Coefficient d'émission de CO ₂ (kg/10 ⁶ m ³ de gaz naturel consommé)							
	NS et NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC	NT	NS et NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC	NT
1990–1998	366	388	388	389	384	394	404	400	19,6	7,0	7,0	7,4	3,0	7,2	1,7	3,3
1999	370	389	389	389	385	392	403	400	17,7	7,0	7,0	7,3	3,5	7,0	2,6	3,3
2000	373	389	389	390	386	391	401	400	15,9	6,9	6,9	7,2	4,1	6,7	3,6	3,3
2001	377	389	390	390	387	390	400	400	14,1	6,9	6,9	7,1	4,6	6,5	4,5	3,3
2002	380	390	390	390	388	388	399	400	12,2	6,8	6,8	7,0	5,1	6,3	5,5	3,3
2003	384	390	390	391	389	387	397	400	10,4	6,8	6,8	6,9	5,6	6,0	6,4	3,3
2004	388	391	391	391	390	386	396	400	8,5	6,7	6,7	6,8	6,2	5,8	7,4	3,3
2005	391	391	391	391	391	384	394	400	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	5,6	8,3	3,3
2006	394	393	394	394	394	379	395	400	6,6	6,8	6,7	6,6	6,6	6,7	8,3	3,3
2007	395	394	394	395	395	382	395	400	6,9	7,0	6,9	6,8	6,9	6,2	9,2	3,3
2008	395	394	394	395	395	384	395	400	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	6,1	9,2	3,3
2009	397	396	396	397	397	385	397	400	7,1	7,2	7,2	7,0	7,0	5,6	9,6	3,3
2010	398	398	398	399	399	386	399	400	7,1	7,4	7,6	6,9	6,9	6,1	8,8	3,3
2011	399	399	399	399	398	385	401	400	7,4	7,5	7,7	7,1	7,1	7,0	7,8	3,3
2012	399	399	398	400	350	386	399	400	7,6	7,7	8,0	7,1	0,9	6,3	8,8	3,3
2013	401	400	400	402	350	386	397	400	6,9	7,2	6,5	7,4	0,9	6,2	8,9	3,3
2014	399	400	397	401	348	388	395	400	7,4	7,2	7,6	7,2	0,8	6,3	9,2	3,3
2015	397	396	398	397	347	385	392	400	6,4	7,1	5,7	7,1	0,8	5,9	9,0	3,3
2016	400	398	401	400	380	384	390	400	5,9	6,9	4,7	7,1	4,0	6,2	9,9	3,3
2017	398	395	401	398	372	384	387	400	5,9	6,4	4,1	7,1	4,1	6,8	10,4	3,3
2018–2021	397	394	400	395	373	383	385	400	6,5	6,9	4,8	7,6	4,2	7,2	10,2	3,3

Tableau A3.2–30 **Coefficients d'émissions fugitives en aval du compteur des véhicules alimentés au gaz naturel pour toutes les années et toutes les régions**

GES	Coefficient d'émission (kg/véhicule)
CO ₂	0,0023
CH ₄	0,3

Le nombre de chaudières, de chauffe-eau, de sècheuses et de cuisinières utilisant du gaz naturel employés dans le secteur résidentiel a été tiré de données publiées par RNCan (2022) pour les années 2000–2019, ventilées selon chaque province et territoire. Après examen cependant, les données sur les nombres d'appareils à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve-et-Labrador n'ont pas été utilisées, car aucune de ces provinces ne compte de réseau de distribution de gaz naturel et qu'aucun volume de gaz n'y est transporté à des fins de consommation résidentielle. De même, aucun gaz naturel n'est consommé au Yukon et au Nunavut. Les données sur les nombres d'appareils au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et aux Territoires du Nord-Ouest n'ont pas été utilisées, parce que le nombre moyen d'appareils par client résidentiel y variait de 5 à 22, ce qui a été jugé irréaliste étant donné que la moyenne pour toutes les autres provinces s'élevait à 2,63. Les nombres d'appareils dans toutes les autres provinces ont été utilisés tel qu'ils sont présentés dans les données de RNCan (2022). Les nombres d'appareils pour 1990–1999 et 2020–2021 ont été extrapolés selon le changement annuel du nombre de clients du gaz naturel dans chaque province. De façon similaire, les nombres d'appareils au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et aux Territoires du Nord-Ouest ont été estimés à partir de la moyenne nationale du nombre d'appareils par client résidentiel (2,63) et du nombre annuel de clients résidentiels du gaz naturel tiré des données de Statistique Canada (s.d. [g], s.d. [h]).

Le nombre de clients résidentiels et commerciaux du gaz naturel était manquant pour les années 1990–2011 en Nouvelle-Écosse, les années 1990–2006 au Nouveau-Brunswick et les années 1990–2015 aux Territoires du Nord-Ouest. Pour la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, ce nombre a été extrapolé en fonction de la longueur des gazoducs de distribution (Statistique Canada, 2022). Le contexte est plus complexe pour les Territoires du Nord-Ouest. Ce n'est que dans les deux petites localités de Norman Wells et d'Inuvik que du gaz naturel a été consommé dans les secteurs résidentiel et commercial. Le réseau de distribution de gaz à Norman Wells a cessé d'approvisionner les clients en 2014. À Inuvik, le gaz naturel est obtenu localement du gisement d'Ikhil, qui est exploité depuis 1999 (StatTNW, 2022b). En 2014 toutefois, le réseau de distribution a arrêté de fournir du gaz naturel pur à cause du déclin de la production. Du « gaz naturel synthétique », soit un mélange de propane et d'air, est utilisé pour compléter la production locale. Le pourcentage de gaz naturel fossile varie d'environ 24 à 40 % selon l'année. Par conséquent, le nombre de clients du gaz naturel pour la période 1990–1998 est estimé en fonction du changement annuel de la population de Norman Wells (StatNWT, 2022a; Statistique Canada, s.d. [i]). Des données sur la longueur des gazoducs de distribution (Statistique Canada, 2022) sont accessibles pour l'année 1999 et les années ultérieures, et sont utilisées pour estimer le nombre de clients pour la période 1999–2015. Enfin, le nombre de clients à partir de 2014 est ajusté afin de tenir compte du pourcentage de gaz naturel fossile distribué aux clients (NWTMI, 2022).

Le nombre d'appareils commerciaux au gaz naturel est estimé à l'aide du nombre de clients commerciaux du gaz naturel dans chaque province et territoire et de la moyenne nationale du nombre d'appareils résidentiels par client (2,63).

Finalement, des données sur la consommation de gaz naturel sont tirées du *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (Statistique Canada, 1990–) pour les secteurs figurant dans le Tableau A3.2–31. Comme les émissions fugitives des installations de pétrole et de gaz sont déjà estimées à l'aide des méthodes présentées précédemment, toute consommation de gaz naturel dans ces installations est exclue des calculs relatifs aux émissions fugitives en aval du compteur.

A3.2.2.8. **Cas particulier : la double comptabilisation des gaz brûlés par torchage**

Le BDEE (Statistique Canada, 1990–) définit l'autoconsommation comme étant « la consommation par l'industrie du combustible qu'elle produit – par exemple, les produits pétroliers raffinés consommés par l'industrie de raffinage de pétrole ou bien le gaz utilisé sur le terrain, brûlé et perdu, les utilisations sur le terrain, les utilisations d'accumulations et les différences de lecture ». Statistique Canada calcule les volumes de gaz naturel consommés au moyen de données administratives fournies par les provinces et les territoires.

Les émissions produites par la combustion associée à l'autoconsommation sont estimées à partir des volumes de combustibles totaux indiqués dans le BDEE (voir l'Annexe 3.1). Les émissions produites par le torchage et l'évacuation sont estimées séparément au moyen de divers modèles d'émissions fugitives et sont déclarées comme des émissions fugitives; il faut donc soustraire les volumes de gaz brûlés par torchage et évacués et les émissions qui y sont associées des estimations des émissions attribuables à la combustion pour ne pas les comptabiliser deux fois, comme le décrit la section A3.1.4.1.2.

Tableau A3.2–31 Résumé des données sur les activités donnant lieu à des émissions fugitives en aval du compteur, et de leurs sources

Segment en aval du compteur	Origine	Publication	Données sur les activités
Véhicules alimentés au gaz naturel	Environnement et Changement climatique Canada	Données inédites	Nombre de véhicules au gaz naturel
Appareils résidentiels et commerciaux	Ressources naturelles Canada (RNCAN)	Base de données complète sur la consommation d'énergie – Secteur résidentiel	Stock des systèmes de chauffage par type de bâtiment et type de système
			Stock de chauffe-eau par type de bâtiment et source d'énergie
			Stock d'appareils ménagers par type d'appareil ménager et source d'énergie – Sécheuse
			Stock d'appareils ménagers par type d'appareil ménager et source d'énergie – Cuisinière
	Statistique Canada	Tableau 25-10-0033-01 – Gaz naturel, ventes mensuelles (Statistique Canada, s.d. [g])	Nombre de clients résidentiels et commerciaux
		Tableau 25-10-0059-01 – Distribution du gaz naturel canadien mensuelle (Statistique Canada, s.d. [h])	Nombre de clients résidentiels et commerciaux
		Tableau 17-10-0005-01 – Estimations de la population au 1 ^{er} juillet, par âge et sexe (Statistique Canada, s.d. [i])	Population des Territoires du Nord-Ouest
	Bureau de la statistique des Territoires du Nord-Ouest (StatNWT)	Population estimates by community – Norman Wells (StatNWT, 2022a)	Population de Norman Wells
	Ministère de l'Infrastructure des Territoires du Nord-Ouest (NWTMI)	Données inédites (NWTMI, 2022)	Consommation annuelle de combustibles fossiles et de gaz naturel synthétique
Installations industrielles et centrales électriques	Statistique Canada	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (Statistique Canada, 1990–)	Consommation de gaz naturel dans les secteurs suivants : Agriculture Fabrication d'aluminium et métaux non ferreux Fabrication de ciment Fabrication de produits chimiques et engrais Construction Énergie électrique par services publics d'électricité Énergie électrique par industries Fabrication de fer et acier Autres fabrications Administrations publiques Fabrication de pâte et papier Extraction minière et de pétrole et de gaz ^a
<p>Note :</p> <p>a. Excepté le gaz naturel consommé dans les installations pétrolières et gazières et les centrales de cogénération appartenant à l'industrie pétrolière et gazière.</p>			

Les provinces dont les données sur l'autoconsommation de gaz naturel se trouvent dans le BDEE représentaient plus de 99 % de toute la production gazière et pétrolière du Canada en 2020 et 99,9 % de la production brute de gaz naturel. Les volumes de gaz déclarés comme gaz torché et évacué sont soustraits du volume d'émissions attribuable à l'autoconsommation.

Lorsque les émissions produites par le torchage ou l'évacuation sont estimées pour une province précise où aucune autoconsommation n'est déclarée dans le BDEE, les émissions associées au torchage et les volumes de gaz naturel qui y sont associés ne sont pas soustraits afin de ne pas sous-estimer les émissions.

Les estimations des émissions provenant du torchage dans l'industrie du raffinage du pétrole sont établies au moyen du modèle de raffinerie (voir la section A3.2.2.3). Le volume de combustibles brûlés par torchage est rétrocalculé en tenant compte des émissions attribuables au torchage, et le résultat est soustrait de l'autoconsommation de gaz de distillation (aussi appelé gaz de combustion des raffineries) étant donné que la méthode utilisée par Statistique Canada pour déterminer l'autoconsommation de gaz de distillation est actuellement mal comprise.

A3.3. Méthodologie pour le secteur des Procédés industriels et utilisation de produits

Le secteur des Procédés industriels et de l'utilisation des produits (PIUP) englobe les émissions de gaz à effet de serre (GES) issues d'activités industrielles sans rapport avec l'énergie. Il englobe les sous-secteurs suivants : Industrie minérale, Industrie chimique, Industrie du métal, Industrie électronique, Utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone (SAO), fabrication et utilisation d'autres produits, et Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les enjeux méthodologiques associés à chacune de ces catégories sont exposés au chapitre 4. La présente section de l'annexe 3 décrit en détail les méthodes qui ont servi à estimer les émissions dans les sous-secteurs de PIUP suivants :

- Industrie chimique : émissions de dioxyde de carbone (CO₂) attribuables à la Production d'ammoniac
- Industrie du métal : émissions de CO₂ attribuables à la Production sidérurgique
- Émissions de CO₂ attribuables aux Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants
- Émissions d'hydrofluorocarbures (HFC) attribuables aux Produits utilisés comme substituts de SAO
- Fabrication et utilisation d'autres produits : émissions d'hexafluorure de soufre (SF₆) provenant des Équipements électriques

A3.3.1. Émissions de CO₂ attribuables à la production d'ammoniac

On peut utiliser le gaz naturel comme source d'énergie pour effectuer le reformage du méthane à la vapeur, qui produit de l'hydrogène — une matière première essentielle au processus Haber-Bosch pour la production d'ammoniac (NH₃). Le gaz naturel est aussi utilisé comme matière première dans le processus de reformage pour fournir une source d'hydrogène. Dans les deux cas, la majeure partie du carbone présent dans le gaz naturel se retrouve sous forme d'émissions de CO₂. La catégorie de source 2.B.1 (Production d'ammoniac) inclut les émissions de CO₂ provenant de l'utilisation du gaz naturel comme matière première dans le processus de reformage du méthane à la vapeur, les émissions récupérées pour la production d'urée et les émissions récupérées pour les activités de captage et stockage du carbone (CSC). Les émissions de GES (CO₂, oxyde de diazote [N₂O] et de méthane [CH₄]) provenant de l'utilisation énergétique du gaz naturel dans le processus de reformage, ainsi que les émissions de GES provenant des combustibles utilisés dans les autres processus de production d'ammoniac, sont allouées au secteur de l'énergie de l'inventaire.

Les données à l'échelle des usines sur l'utilisation du gaz naturel comme matière première et la production annuelle de NH₃ ont été obtenues dans le cadre du processus de déclaration volontaire de données d'Environnement Canada de 2005 à 2009. Ces données ont ensuite été utilisées pour établir les facteurs de conversion ammoniac/matière première pour chaque usine qui sont appliqués pour déterminer la quantité de gaz naturel utilisée comme matière première pour les années de 1990 à 2017 (Équation A3.3-1). Sur les neuf usines exploitées, sept ont fourni des facteurs de conversion ammoniac/matière première (deux de ces usines ont deux unités de reformage du méthane à la vapeur chacune). Parmi les deux usines qui n'ont pas fourni d'information, l'une d'entre elles n'exploite pas d'unité de reformage du méthane à la vapeur. Étant considérés comme confidentiels, ces facteurs de conversion ammoniac/matière première propres aux usines ne sont pas publiés. Cependant, d'après les données réunies, le facteur ammoniac/matière première moyen est de 671 m³ de gaz naturel par tonne de NH₃ produite, et cette moyenne a été utilisée pour estimer les émissions d'usines qui n'ont pas participé à la collecte de données volontaire. De plus, au niveau de l'usine, la variabilité des facteurs de conversion ammoniac/matière première est très stable; elle était de moins de 0,001 % d'une année à l'autre sur une période recensée de cinq ans. De même, la moyenne des facteurs de conversion ammoniac/matière première variait de moins de 0,001 % d'année en année sur une période recensée de cinq ans.

De 2018 à 2021, les valeurs associées au gaz naturel utilisé comme matière première étaient des valeurs déclarées par les usines par l'entremise du Programme fédéral de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES).

Équation A3.3-1

$$GN_i = P_{\text{ammoniac},i} \times FF_{\text{ammoniac},i}$$

GN_i	=	gaz naturel consommé comme matière première dans l'usine de reformage du méthane à la vapeur i , en m ³ de gaz naturel
$P_{\text{ammoniac},i}$	=	production annuelle de NH ₃ , dans l'usine de reformage du méthane à la vapeur i , en kt
$FF_{\text{ammoniac},i}$	=	facteur de conversion ammoniac/matière première de l'usine de reformage du méthane à la vapeur i , en m ³ de gaz naturel/kt NH ₃

Pour déterminer la quantité totale de carbone produite par l'usine, on multiplie les utilisations de matière première (c.-à-d., de gaz naturel), pour chaque usine, par la teneur en carbone du gaz naturel et le facteur d'oxydation du carbone (FOC) par défaut (GIEC, 2006) de leur usine ou province respective. La quantité (brute) d'émissions de CO₂ issues des procédés provenant du gaz naturel consommé comme matière première est ensuite calculée en additionnant les quantités de carbone produites par l'usine. Ces étapes sont résumées dans l'Équation A3.3-2. On présume que la totalité du carbone présent dans la matière première est transformée en CO₂ (GIEC, 2006). Les valeurs annuelles de teneur en carbone de 2018 à 2021 ont été fournies par chacune des huit usines de reformage du méthane à la vapeur par l'entremise du PDGES. De 1990 à 2017, les huit usines actives ont confirmé les valeurs de teneur en carbone de façon volontaire. Trois usines ont fourni des valeurs moyennes de teneur en carbone convenables pour cette période. Deux usines ont fourni des valeurs annuelles de teneur en carbone propres à l'usine pour certaines années de la période et, pour les années où des valeurs propres à l'usine n'étaient pas disponibles, des valeurs moyennes de teneur en carbone ont été utilisées. Une usine n'a pas fourni de valeurs de teneur en carbone pour la période de 1990 à 2017 et a suggéré d'utiliser des teneurs en carbone pour une année et une province données; par conséquent, des valeurs établies à l'interne (consulter l'annexe 6) ont été utilisées. Les deux autres usines actives ont confirmé que la teneur en carbone moyenne déclarée par l'usine de 2018 à 2020 pouvait être utilisée de façon rétrospective. Pour les trois usines qui ont cessé leurs activités avant 2018, des teneurs en carbone du gaz naturel établies à l'interne (pour une année et une province données) ont été utilisées (consulter l'annexe 6).

Équation A3.3-2

$$CO_2 \text{ produit} = \sum_i \frac{44}{12} \times GN_i \times CC_i \times FOC$$

CO₂ produit	=	émissions nationales de CO ₂ produites, en kt
GN_i	=	gaz naturel consommé comme matière première dans l'usine de reformage du méthane à la vapeur <i>i</i> , en m ³ de gaz naturel
CC_i	=	coefficient de contenu en carbone du combustible dans l'usine de reformage du méthane à la vapeur <i>i</i> , kt carbone/m ³ de gaz naturel
FOC	=	facteur d'oxydation du carbone = 1 (sans unité)
44/12	=	rapport de la masse moléculaire du CO ₂ sur celle du carbone

La portion nationale d'émissions récupérées pour la production d'urée de 1990 à 2017 est estimée au moyen de l'Équation A3.3-3, dans laquelle on suppose que la production d'urée consomme une quantité stœchiométrique de CO₂. De 2018 à 2021, le CO₂ consommé lors de la production d'urée a été directement déclaré par les usines.

Équation A3.3-3

$$CO_2 \text{ récupéré pour la production d'urée} = \sum_i P_{urée,i} \times R$$

CO₂ récupéré pour la production d'urée	=	Émission nationale de CO ₂ récupéré provenant de la production d'urée, en t
P_{urée,i}	=	production annuelle d'urée de l'usine de reformage du méthane à la vapeur <i>i</i> , en t d'urée
R	=	coefficient de récupération des émissions de CO ₂ par masse unitaire de production d'urée, où R = 0,733 t CO ₂ /t d'urée

Les émissions récupérées pour les activités de CSC sont estimées depuis 1990 et, à l'heure actuelle, deux des huit installations de reformage du méthane à la vapeur réalisent des activités de CSC. Les quantités de CSC pour 2021 ont été déclarées par les installations au PDGES. Les quantités d'avant 2021 ont été fournies sur une base volontaire par les installations par l'entremise de communications par courriel en 2022. Les deux installations réalisent leurs activités de CSC dans la récupération assistée des hydrocarbures (RAH). Une installation récupère le CO₂ pour les activités de RAH depuis 2019, tandis que l'autre a indiqué qu'elle (en date de 2022) envoyait ses émissions récupérées à une entreprise tierce depuis les 30 à 40 dernières années; comme confirmé par cette entreprise tierce, 20 % des émissions récupérées se destinent aux activités de RAH. D'après l'information fournie par la seconde installation et l'entreprise tierce, la partie des émissions récupérées pour les activités de CSC a été estimée depuis 1990 par l'application d'une ventilation de la consommation des émissions récupérées fournie par l'entreprise tierce à la quantité d'émissions envoyée depuis l'installation de production d'ammoniac. En ce qui concerne les quantités de CO₂ envoyées à l'entreprise tierce, l'installation de production d'ammoniac a fourni et confirmé les valeurs de 2012 à aujourd'hui, et les quantités de 1990 à 2011 ont été calculées d'après un rapport établi à l'interne entre la production d'ammoniac et le CO₂ envoyé à l'entreprise tierce, fondé sur les quantités déclarées entre 2015 et 2021.

Pour calculer les émissions nationales nettes de CO₂ résultant de la production de NH₃, on soustrait alors le CO₂ récupéré pour la production d'urée (quantifié à l'aide de l'Équation A3.3–3 de 1990 à 2017) et les émissions envoyées hors du site pour les activités de CSC des émissions brutes de CO₂ générées selon l'Équation A3.3–2.

Il est à noter que la quantité de gaz naturel utilisé comme matière première dans le processus de reformage du méthane à la vapeur doit être soustraite de l'utilisation non énergétique globale du gaz naturel, comme l'indique Statistique Canada, pour estimer les émissions résiduelles de CO₂ issues des procédés (non associés à l'ammoniac). Veuillez consulter la section A3.3.3, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants, pour obtenir davantage de renseignements.

Les données annuelles sur la production de NH₃ à l'échelle des usines de 1990 à 2017 sont issues des sources suivantes : les données de 1990 à 2004 proviennent de l'étude de Cheminfo Services (2006); les données de 2005 à 2009, du processus de déclaration volontaire des données d'EC; et les données de 2008 à 2017, de l'enquête annuelle de Statistique Canada intitulée *Produits chimiques industriels et résines synthétiques* (Statistique Canada, 1990–2017).

De la même façon, les données sur la production d'urée à l'échelle des usines pour 2008 à 2017 ont été tirées de la même enquête *Produits chimiques industriels et résines synthétiques* de Statistique Canada. Pour ce qui est des années précédentes (1990 à 2007), les données sur la production à l'échelle des usines ont été estimées à partir du rapport moyen sur six années entre la production d'urée et la production d'ammoniac des années avec données (2008–2013).

Les données sur la production de NH₃ et d'urée à l'échelle des usines n'ont pas été utilisées pour les années 2018 à 2021 étant donné que les valeurs déclarées par les usines du gaz naturel utilisé comme matière première et du CO₂ consommé lors de la production d'urée du PDGES ont été directement utilisées.

A3.3.2. Émissions de CO₂ du secteur Sidérurgie

Usines de production sidérurgique au Canada

En 2021, le secteur canadien de la sidérurgie comptait 14 installations, soit quatre usines intégrées et 10 usines non intégrées (neuf petites usines et une usine d'ilménite). De ces 14 usines, huit sont situées en Ontario (dont quatre sont des usines intégrées), trois au Québec et une dans chacune des provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. Toutes les usines sont présentées au Tableau A3.3–1, incluant les procédés de fabrication utilisés.

Tableau A3.3–1 Usines du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite (2021)

Usine intégrée	
ArcelorMittal Dofasco	Hamilton (ON)
Essar Steel Algoma	Sault Ste. Marie (ON)
U.S. Steel Canada – Hamilton Works	Hamilton (ON)
U.S. Steel Canada – Lake Erie Works	Nanticoke (ON)
Petite usine^{a, b}	
AltaSteel Ltd.	Edmonton (AB)
ArcelorMittal – Contrecoeur	Contrecoeur (QC)
ArcelorMittal – Contrecoeur Ouest	Contrecoeur (QC)
Valbruna ASW Steel	Welland (ON)
EVRAZ North America	Regina (SK)
Gerdau Ameristeel – Cambridge	Cambridge (ON)
Gerdau Ameristeel Manitoba	Selkirk (MB)
Gerdau Ameristeel – Whitby	Whitby (ON)
Ivaco Inc.	L'Orignal (ON)
Usine de fusion d'ilménite	
Rio Tinto – Fer et Titane Inc.	Sorel-Tracy (QC)
Notes :	
Information adaptée de ECCC (2017).	
a. Petite usine retirée : Hamilton Specialty Bar Corp., à Hamilton, en Ontario, qui a fermé définitivement en 2018.	
b. Usine ajoutée : ASW Steel, à Welland, en Ontario, une petite aciérie qui a été exclue de l'avis publié dans la Gazette du Canada.	

Technologies de production sidérurgique au Canada

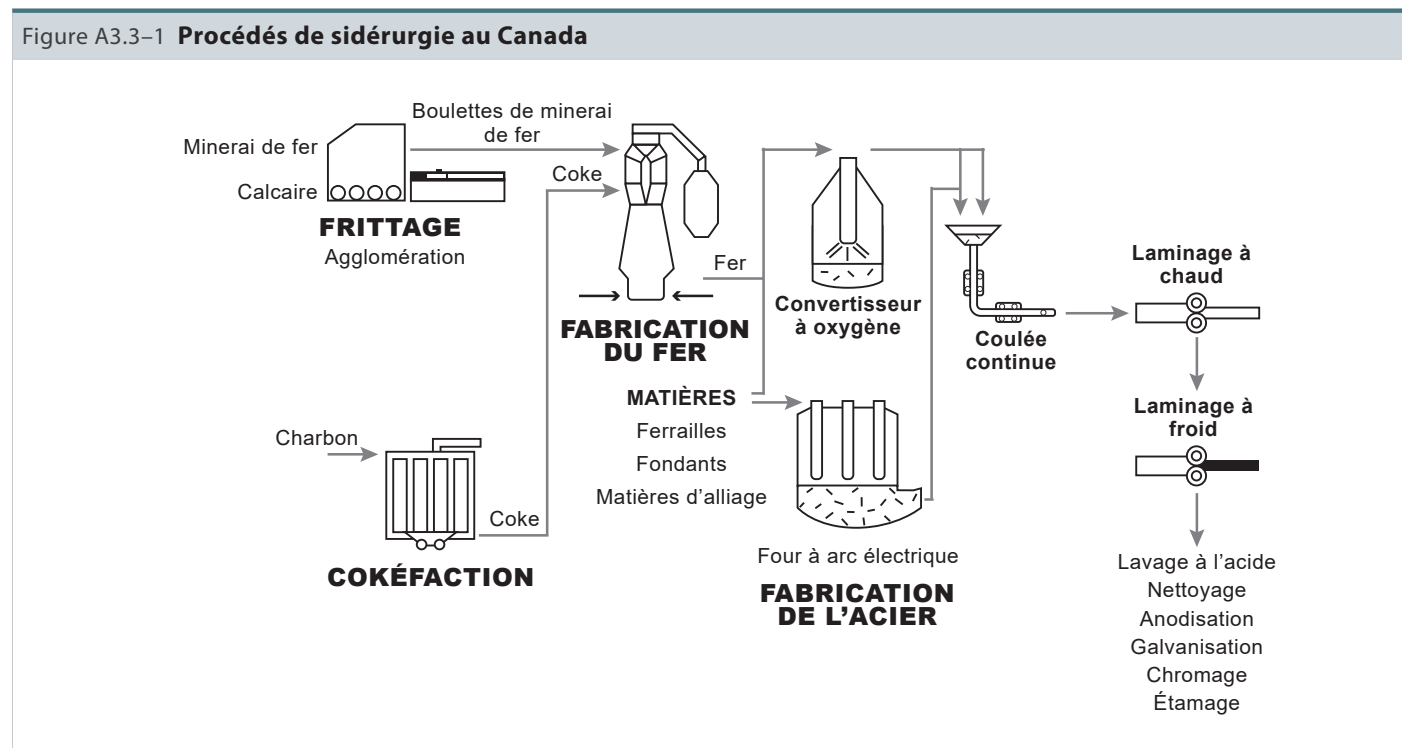
Au Canada, deux technologies sont utilisées pour la fabrication de l'acier (voir la Figure A3.3–1) : les convertisseurs basiques à oxygène et les fours électriques à arc. Les convertisseurs basiques à oxygène sont utilisés dans les usines intégrées parallèlement aux activités de cokéfaction, de frittage et de fabrication du fer en haut fourneau. Les usines intégrées, qui procèdent à la fusion du minerai de fer et à la fonte de la ferraille, présentent la production la plus variée, qui comprend des barres, des tiges, des profilés de charpente, des plaques, des feuilles, des tuyaux et des tubes ainsi que des tiges de fil métallique. Même si la technologie des fours électriques à arc gagne en importance, elle est habituellement utilisée dans les usines non intégrées (petites usines ou aciéries spécialisées) alimentées de ferraille ou de fer de réduction directe pour produire un grand éventail d'aciers ordinaires et alliés. ArcelorMittal Dofasco Inc. exploite la seule usine intégrée au Canada qui produit une partie de son acier par four électrique à arc, tandis qu'ArcelorMittal Contrecoeur exploite la seule aciérie canadienne qui produit et utilise du fer de réduction directe comme matière première. Les procédés auxiliaires ou secondaires de fabrication de l'acier qui sont utilisés à la fois dans les usines intégrées et non intégrées comprennent la métallurgie en poche, la coulée continue, le formage à chaud, le formage à froid et la finition.

Une liste suit de tous les matériaux utilisés dans les procédés qui sont pris en compte dans les estimations des émissions de CO₂ pour la catégorie 2.C.1 du CUPR, Production sidérurgique.

- coke métallurgique (Statistique Canada, 1990–2021)
- production de fonte brute (Statistique Canada, 1990–2003, 2004–2012; ACPA, 2013–2017; PDGES, 2018–2021)
- charge de fonte brute pour le four (y compris le fer de réduction directe) (Statistique Canada, 1990–2003, 2004–2012; ACPA, 2013–2017; PDGES, 2018–2021)
- rebuts d'acier (possédés et achetés) (Statistique Canada, 1990–2003, 2004–2012; ACPA, 2013–2017; PDGES, 2018–2021)
- utilisation de calcaire et de dolomite (RNCAN, 1990–2006, 2007–2019)

Les coefficients d'émission et les teneurs en carbone appliqués figurent à l'annexe 6.

Il convient de noter qu'en raison de la nature intégrée des installations sidérurgiques qui fabriquent du coke métallurgique à base de charbon au Canada, il est actuellement impossible de subdiviser les données soumises par ces industries aux fins de l'utilisation d'énergie. Toutes les émissions liées à l'utilisation de coke métallurgique en tant que réactif pour la réduction du minerai de fer dans la production de fonte brute sont assignées à la catégorie 2.C.1 du CUPR. Comme on peut le voir au chapitre 4 (Équation 4–8), les émissions de la production de fonte brute sont estimées en fonction de divers paramètres, dont la masse de coke métallurgique utilisée en tant que réducteur et son coefficient d'émission respectif.



Il convient aussi de noter que les émissions de CO₂ de la catégorie 2.C.2 du CUPR, Production d'alliages ferreux, sont incluses dans la catégorie 2.C.1.a du CUPR, Production sidérurgique, puisque la production d'alliages ferreux est une production directe d'aciers spécialisés à partir du minerai de fer transformé dans des fours électriques à arc à l'aide de réducteurs. Toutefois, la subdivision de la portion des réducteurs (soit le coke métallurgique) n'est pas disponible, et ces émissions sont donc incluses dans la catégorie 2.C.1b du CUPR, Production de fonte brute.

A3.3.3. Émissions de CO₂ attribuables aux Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants

Au Canada, les activités industrielles qui emploient des combustibles à des fins non énergétiques (p. ex., matières premières) sont notamment la production de NH₃, la production pétrochimique, l'exploitation et la transformation de métaux non ferreux, la production sidérurgique et d'autres industries chimiques.

Les émissions de CO₂ attribuables à l'utilisation non énergétique des hydrocarbures, lorsqu'elles ne sont pas comprises dans une autre catégorie de l'inventaire, sont déclarées dans le sous-secteur des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les estimations des émissions reposent sur les données liées à l'utilisation de combustibles fossiles à des fins non énergétiques recueillies par Statistique Canada (*Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* [BDEE], (Statistique Canada, 1990–2021b) et sont regroupées par type de combustible (p. ex., gaz naturel, coke, butane, éthane, etc.) à l'échelle provinciale et territoriale. Statistique Canada ne ventile pas ces données sur les combustibles par industrie ou par activité industrielle, ce qui veut dire que, sans autres données à l'appui, il n'est pas possible d'attribuer ces données sur les combustibles à une industrie donnée.

Dans certains cas, le Canada a obtenu des données à l'appui (p. ex., dans des études, des enquêtes, d'autres sources de données) de telle sorte que les données sur l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques peuvent être entièrement ou partiellement décomposées et attribuées à la catégorie de source appropriée. Il est possible d'attribuer des données sur l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques à des catégories de sources données pour les activités industrielles suivantes :

- le gaz naturel utilisé pour produire de l'hydrogène pour la production de NH₃
- divers combustibles utilisés comme matière première dans la production de produits pétrochimiques (méthanol, éthylène et dichloroéthylène)
- les anodes en carbone utilisées pour réduire de manière électrique l'alumine en aluminium dans le procédé de production de l'aluminium
- le coke utilisé dans la production sidérurgique
- les huiles de graissage brûlées dans les moteurs à deux temps hors route

Pour ces activités industrielles, on estime les émissions à l'aide des types et des quantités, connues ou estimées, de combustibles utilisés à des fins non énergétiques. On soustrait ensuite les quantités connues ou estimées de combustibles des données sur l'utilisation des combustibles à des fins non énergétiques du BDEE, et le reste (résidu) des quantités de combustibles représente les combustibles utilisés à des fins non énergétiques employés dans d'autres industries. Cette méthode permet d'éviter de compter les émissions en double et améliore la transparence dans le processus d'inventaire.

Pour estimer les émissions, on applique des coefficients des émissions moyennes de CO₂ à l'échelle nationale accessibles pour chaque type de combustible aux quantités totales (ou aux quantités résiduelles, s'il y a lieu) de combustibles utilisés à des fins non énergétiques à l'échelle provinciale et territoriale. Ensuite, on additionne les valeurs estimées pour chaque province et territoire afin d'obtenir le total national pour la catégorie de source 2.D du CUPR, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants.

Les méthodes utilisées pour estimer les émissions associées à chaque catégorie de combustibles fossiles utilisés à des fins non énergétiques (combustibles gazeux, solides et liquides) et, dans la mesure du possible/s'il y a lieu, pour expliquer comment les émissions sont ventilées et attribuées à des catégories de source données (comme il a été mentionné plus haut) afin d'éviter de compter deux fois les émissions, sont décrites ci-dessous.

Combustibles gazeux

Le seul combustible gazeux pris en considération dans cette catégorie est le gaz naturel. Celui-ci peut être utilisé pour la production de méthanol et de noir de carbone thermique, mais une grande proportion est utilisée dans le processus de reformage du méthane à la vapeur pour la production de NH₃.

Les émissions de CO₂ issues de la production de NH₃ et de méthanol sont estimées et déclarées dans la catégorie de source 2.B.1 et 2.B.8.a du CUPR, respectivement. La quantité de gaz naturel utilisé comme matière première pour la production de NH₃ et de méthanol est soustraite de la quantité globale de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques présentée dans le BDEE. Cette méthode permet de déterminer la quantité restante (résiduelle) de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques.

D'après une étude menée en 2005 (Cheminfo Services, 2005a), un coefficient d'émissions de CO₂ pour l'utilisation résiduelle de gaz naturel à des fins non énergétiques a été déterminé (38 g CO₂/m³) et appliqué à la quantité résiduelle de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques afin d'estimer les émissions de cette source.

Il est à noter que les émissions dues à l'utilisation de gaz naturel à des fins non énergétiques pour produire de l'hydrogène dans les industries de raffinage du pétrole et du bitume sont allouées au secteur Énergie de l'inventaire.

Combustibles solides

Les combustibles solides inclus dans la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants sont les suivants :

- charbon bitumineux canadien
- charbon subbitumineux
- charbon bitumineux étranger
- lignite
- anthracite
- coke métallurgique
- coke de pétrole

Afin de déterminer les émissions de CO₂ provenant de ces combustibles solides qui sont utilisés à des fins non énergétiques, on a appliqué les coefficients d'émissions par combustible, par province et par année (donnés aux tableaux A6.1–6, A6.1–9 et A6.1–10 de l'annexe 6 pour le coke de pétrole, le charbon et le coke métallurgique [le coke du charbon], respectivement), aux données du BDEE.

Les coefficients d'émissions utilisés pour estimer les rejets de CO₂ dus à l'utilisation du charbon à des fins non énergétiques sont les mêmes que pour la combustion, parce que l'on présume que 100 % du carbone présent dans ces produits finira par s'oxyder et par être rejeté sous forme de CO₂.

Les émissions de CO₂ issus de l'utilisation d'électrodes dans l'industrie de l'aluminium sont incluses dans la catégorie de source 2.C.3 du CUPR, Production d'aluminium. Parmi les principaux combustibles utilisés pour la production d'électrode pour l'industrie de l'aluminium, on trouve le coke de pétrole. Le coke utilisé à des fins non énergétiques sert aussi à la fabrication d'électrodes employées dans les fours électriques à arc dans l'industrie sidérurgique (catégorie de source 2.C.1 du CUPR, Production sidérurgique). Les quantités de coke de pétrole utilisées dans l'industrie de l'aluminium et l'industrie sidérurgique sont soustraites des quantités globales de coke de pétrole utilisé à des fins non énergétiques présentées dans le BDEE. Les émissions de CO₂ dues à l'utilisation des quantités résiduelles de coke de pétrole à des fins non énergétiques sont calculées au moyen du coefficient d'émissions présenté au Tableau A6.1–6 de l'annexe 6.

Combustibles liquides

Outre les émissions provenant de l'utilisation des combustibles solides et gazeux, les émissions de CO₂ provenant de l'utilisation de combustibles liquides (les liquides de gaz naturel [LGN]), les charges d'alimentation pétrochimiques du raffinage du pétrole et les lubrifiants) à des fins non énergétiques sont également incluses dans la catégorie 2.D du CUPR, Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants.

Les émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de combustibles liquides (c.-à-d., comme matière première) dans la production d'éthylène sont estimées et déclarées sous la catégorie de source 2.B.8.b du CUPR. Les quantités de combustibles liquides (en particulier le propane, le butane, l'éthane et les charges d'alimentation pétrochimiques) utilisés comme matières premières dans la production d'éthylène sont soustraites des quantités globales de combustibles liquides utilisés à des fins non énergétiques mentionnées dans le BDEE. Pour estimer les émissions de CO₂ provenant des combustibles liquides utilisés à des fins non énergétiques, on multiplie la quantité résiduelle des combustibles liquides utilisés à des fins non énergétiques par le coefficient d'émissions correspondant, comme le montre le Tableau A6.2–9 de l'annexe 6.

Il convient également de noter qu'en raison de la façon dont les statistiques sur l'énergie sont actuellement établies au Canada, d'autres utilisations à des fins non énergétiques de combustibles liquides, tels que le mazout lourd, ont été déclarées dans la catégorie des utilisations à des fins énergétiques qui est comprise dans le secteur de l'énergie.

Dans le cas de l'utilisation des quantités résiduelles de LGN à des fins non énergétiques (c.-à-d., les quantités résiduelles issues de l'utilisation pour la production pétrochimique), les coefficients d'émissions donnés dans l'étude de McCann (2000) supposent que la totalité du carbone est oxydée; ils sont indiqués au Tableau A6.2–9 de l'annexe 6.

L'utilisation des quantités résiduelles et non résiduelles à des fins non énergétiques des produits pétroliers provenant des raffineries (p. ex., charges d'alimentation pétrochimiques, naphte, lubrifiants, graisses et autres produits pétroliers) engendre également des émissions de CO₂ qui sont incluses dans la catégorie des Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants. Les calculs utilisés pour obtenir les coefficients d'émissions relatifs à ces produits utilisés à des fins non énergétiques sont donnés dans le Tableau A6.2–9 de l'annexe 6. Pour estimer les émissions à l'échelle nationale, provinciale et territoriale, le volume du produit non énergétique utilisé est multiplié par son coefficient d'émissions.

A3.3.4. Émissions de HFC attribuables à l'utilisation de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone

A3.3.4.1. Données sur les activités

Les estimations concernant les émissions de HFC pour 1995 reposaient sur des données tirées d'une enquête initiale sur les HFC menée en 1996 par EC¹. Le ministère a révisé les enquêtes subséquentes afin d'obtenir des données plus détaillées sur les activités pour les années suivantes. Les enquêtes sur les HFC de 1998, 1999, 2001 et 2005 ont été les sources des données sur les activités qui sous-tendent les estimations d'émissions pour 1996–2000 et 2004 (courriels d'Y. Bovet et d'Y. Guilbault reçus entre 2004 et 2006)². Dans certains cas, une même enquête visait deux années. Les données relatives aux ventes de HFC en 2001–2003 ont également été recueillies en 2005 auprès des principaux importateurs de HFC au Canada (Cheminform Services, 2005b). Cette information a été fournie par segment de marché, pour qu'on puisse déterminer la quantité totale employée pour chaque type d'application. Les données relatives aux importations et aux ventes de HFC pour 2005–2010³ ont été recueillies par EC dans le cadre d'un processus de déclaration volontaire de données, par lequel des demandes d'information ont été envoyées aux principaux importateurs de HFC en vrac et aux entreprises qui importent ou exportent des biens fabriqués contenant des HFC. Pour 2009, EC a augmenté la liste d'envoi des demandes d'information, après avoir pris conscience des autres acteurs présents sur le marché (importateurs de HFC en vrac, ou encore importateurs ou exportateurs de biens fabriqués contenant des HFC) au vu des données de l'Agence canadienne des services frontaliers (ACSF) sur les importations de HFC⁴. L'information sur le HFC-245fa reçue dans le cadre de ces enquêtes était incorporée pour les HFC en vrac de 2001 à 2007 et pour les biens fabriqués contenant des HFC pour 2010. Les ensembles de données de 1995 à 2000 ont été vérifiés en ce qui a trait à l'utilisation, à l'importation et à l'exportation de HFC-245fa; aucun cas n'a été trouvé. Les quantités ont été extrapolées à l'année d'inventaire en cours lorsque les données n'étaient pas disponibles.

En 2014, EC a procédé à une enquête à déclaration obligatoire auprès des importateurs de HFC en vrac pour les années 2008 à 2012, et les résultats (ECCC, 2015a) ont été ajoutés à l'inventaire. Lorsqu'il y avait dédoublement des données déclarées dans l'enquête à déclaration obligatoire et l'enquête à déclaration volontaire, on retenait pour l'inventaire les données de l'enquête à déclaration obligatoire, en raison de son caractère contraignant.

En 2016, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a effectué des sondages auprès d'importateurs en vrac (ECCC, 2016a, 2016b) pour les années observées 2013–2014 et 2015, qui ont été inclus dans l'inventaire. Aucun sondage n'a été réalisé pour l'année de données 2016.

En 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022, ECCC a recueilli des données sur l'importation et l'exportation de HFC en vrac pour les données des années 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021, respectivement, par l'intermédiaire du système de déclaration obligatoire instauré en vertu du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement* (Règlement sur les SAO), entré en vigueur le 29 décembre 2016 (ECCC, 2022). Aucune mise à jour aux rapports obligatoires réalisés pour les années de données 2017–2020 n'a été reçue pour cette soumission.

1 Bovet Y., Guilbault Y. 2004–2006. Communication personnelle (courriels de Bovet Y. et Guilbault Y. à A. Au, Division des gaz à effet de serre, de 2004 à 2006). Section de l'utilisation des produits et de l'application des contrôles.

2 Bovet Y., Guilbault Y. 2004–2006. Communication personnelle (courriels de Bovet Y. et Guilbault Y. à A. Au, Division des gaz à effet de serre, de 2004 à 2006). Section de l'utilisation des produits et de l'application des contrôles.

3 Sauf pour 2010, les données recueillies par EC sur les HFC en vrac ne couvraient que les ventes. Cependant, comme le Canada ne produit aucun HFC et en exporte une quantité négligeable, les valeurs des importations devraient en théorie approcher les valeurs des ventes.

4 Il convient de souligner que les données de l'ACSF sur les HFC ne peuvent servir à l'inventaire des GES, puisque ces données ne sont recueillies et catégorisées que pour trois types : HFC-134a, HFC-152a et autres. De plus, les données ne sont pas présentées selon le type d'utilisation. Cependant, les données de l'ACSF au niveau des entreprises représentent une source d'information utile pour contre-vérifier les données et pour augmenter la liste d'envoi du processus de collecte d'information sur les HFC.

Le Tableau A3.3–2 montre les années pour lesquelles il y a des données sur les activités pour les importations et les exportations de HFC en vrac, les années durant lesquelles les données ont été recueillies, et la source de ces données. Le Tableau A3.3–3 montre les années pour lesquelles il y a des données sur les activités pour des biens fabriqués importés et exportés contenant des HFC, les années durant lesquelles les données ont été recueillies, et la source de ces données.

Tableau A3.3–2 Données sur les années d'activité pour l'importation et l'exportation de HFC en vrac, années de la collecte, et source des données

Année des données	Année de la collecte des données	Source des données
1995	1996	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
1996	1998	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
1997	1998	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
1998	1999	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
1999	2001	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
2000	2001	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
2001	2005	Sondage à déclaration volontaire de Cheminfo Services
2002	2005	Sondage à déclaration volontaire de Cheminfo Services
2003	2005	Sondage à déclaration volontaire de Cheminfo Services
2004	2005	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
2008	2014	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2009	2014	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2010	2014	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2011	2014	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2012	2014	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2013	2016	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2014	2016	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2015	2016	Sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2017	2018	Sondage à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur les SAO afférant à la LCPE (1999)
2018	2019	Sondage à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur les SAO afférant à la LCPE (1999)
2019	2020	Sondage à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur les SAO afférant à la LCPE (1999)
2020	2021	Sondage à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur les SAO afférant à la LCPE (1999)
2021	2022	Sondage à déclaration obligatoire en vertu du Règlement sur les SAO afférant à la LCPE (1999)

Tableau A3.3–3 Données sur les années d'activité pour les biens fabriqués importés et exportés contenant des HFC, années de la collecte, et sources des données

Année des données	Année de la collecte des données	Source des données
1996	1998	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
1997	1998	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
1998	1999	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
2004	2005	Sondage à déclaration obligatoire de la SUPAC
2005	2006	Sondage à déclaration volontaire de la SUPAC
2006	2007	Sondage à déclaration volontaire de la SUPAC
2007	2008	Sondage à déclaration volontaire de la SUPAC
2008	2009	Sondage à déclaration volontaire de la SUPAC et données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2009	2010	Sondage à déclaration volontaire de la SUPAC et données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2010	2011	Sondage à déclaration volontaire de la SUPAC et données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2011	2014	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2012	2014	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2013	2016	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2014	2016	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)
2015	2016	Données supplémentaires soumises volontairement au sondage à déclaration obligatoire en vertu de l'art. 71 de la LCPE (1999)

A3.3.4.2. Méthodologie

Comme le Canada a recourt à une liste de sous-applications détaillée pour la catégorie des HFC (Tableau A3.3–4), les données doivent être annuellement ventilées à ce niveau. À cette fin, il a fallu combler les données manquantes et ventiler les données recueillies au niveau des applications à celui des sous-applications.

Tableau A3.3–4 **Applications et sous-applications des HFC au Canada**

Description des applications et des sous-applications

Aérosols

Produits de soins personnels
Produits pharmaceutiques
Produits médicaux
Produits domestiques
Produits pour application minière
Produits commerciaux/industriels

Agents de gonflement dans les mousses

Coussinage – automobiles (sièges, toit, etc.)
Coussinage – autres (mobilier, matelas, etc.)
Isolation thermique – résidences et bâtiments
Isolation thermique – conduites
Isolation thermique – réfrigérateurs et congélateurs
Isolation thermique – autres (préciser)
Emballage – alimentaire (préciser)
Emballage – non alimentaire (préciser)
Autres utilisations de la mousse (préciser)

Climatisation (fabrication d'équipement d'origine)

Climatiseurs de véhicules à moteur
Refroidisseurs (préciser si de type centrifuge ou alternatif)
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)

Climatisation (service/entretien)

Climatiseurs de véhicules à moteur
Refroidisseurs (préciser si de type centrifuge ou alternatif)
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)

Réfrigération (fabrication d'équipement d'origine)

Transport commercial
Commercial et institutionnel (alimentation au détail, machines distributrices, etc.)
Industriel (entrepôts, équipement de procédé, etc.)
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)
Autre équipement (préciser)

Réfrigération (service/entretien)

Transport commercial
Commercial et institutionnel (alimentation au détail, machines distributrices, etc.)
Industriel (entrepôts, procédés, etc.)
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)
Autre équipement (préciser)

Solvants

Industrie électronique
Nettoyage/séchage de pièces métalliques
Nettoyage à sec
Solvants de laboratoire
Nettoyage général (préciser)

Systèmes de suppression / d'extinction des incendies (fabrication d'équipement d'origine)

Systèmes portables (mobiles)
Systèmes de saturation (fixes)

Systèmes de suppression / d'extinction des incendies (service/entretien)

Systèmes portables (mobiles)
Systèmes de saturation (fixes)

Divers

Stérilisation en milieu hospitalier/institutionnel
Essais d'étanchéité

Autres (préciser)

Diverses techniques ont été employées pour combler les données non communiquées par les répondants aux enquêtes volontaires. Par exemple, lorsqu'une entreprise ayant déjà déclaré des données ne présentait pas d'information pour des années subséquentes, les données des années précédentes ont été considérées comme constantes. La technique employée pour les années pendant lesquelles aucune enquête n'avait été faite (p. ex., dans le cas des importations/exportations de biens fabriqués entre 1999 et 2003) consistait à procéder par interpolation linéaire pour estimer les données manquantes.

Pour satisfaire aux exigences d'une méthode de niveau 2, ECCC a appliqué deux techniques pour ventiler les données de 1995 à 2004 du niveau des applications au niveau des sous-applications. Pour une année donnée, les HFC déclarés au niveau des applications étaient ventilés sur la base de la proportion des niveaux correspondants des sous-applications si une grande quantité de HFC étaient déclarée dans les niveaux correspondants de ces sous-applications pour la même année. Si les données n'étaient pas suffisamment détaillées au niveau de l'année et de l'application, on a alors eu recours à la ventilation de la plus proche année historique pour le même type de HFC et le même niveau d'application.

Pour les données des sondages à déclaration obligatoire de 2008 à 2012, les HFC déclarés à un certain niveau d'application ont été ventilés en se basant sur la ventilation de 2004. Les données de 2004 ont été utilisées parce la ventilation pour cette année-là était la plus complète et qu'il s'agit pour le moment de la meilleure information disponible. Pour les données des sondages à déclaration obligatoire de 2013–2015, les HFC déclarés au niveau des applications ont été ventilés au niveau des sous-applications en se basant sur la ventilation de 2012 et, lorsqu'il n'y avait pas suffisamment d'information, on a utilisé la ventilation de 2004. Pour certaines données de 2008–2015, dans le cas où les importateurs de HFC en vrac n'avaient déclaré que les HFC (par type de HFC) sans préciser les applications ou sous-applications associées, on leur a demandé de fournir, au mieux de leurs connaissances, une liste des niveaux de sous-applications pour ces HFC déclarés. Cette liste a ensuite été utilisée par ECCC pour distribuer également les quantités de HFC.

Toutes les données à déclaration obligatoire sur les importations et les exportations de HFC en vrac de 2017 à 2021, recueillies en vertu du règlement sur les SAO, ont dû être ventilées selon les niveaux de sous-application. La ventilation de 2015 a été jugée la plus appropriée parce qu'il s'agissait de l'enquête obligatoire la plus récente pour laquelle des ventilations par sous-application ont été fournies.

Lorsque de nouvelles espèces de HFC étaient importées ou exportées en vrac conformément au règlement sur les SAO, ou lorsque l'information des nouveaux déclarants était reçue conformément au règlement sur les SAO, de la recherche a été effectuée pour déterminer la ventilation par sous-application la plus vraisemblable. Pour les déclarants existants, si l'on pensait que l'utilisation du nouvel HFC s'alignait avec les HFC précédemment importés pour lesquels on disposait d'une ventilation (généralement le HFC-134a), la ventilation existante a été utilisée pour le nouvel HFC. Autrement, les quantités utilisées de HFC ont été distribuées de manière égale selon une liste des sous-applications les plus probables d'après la recherche.

Les données d'importation et d'exportation en vrac recueillies au moyen de déclarations volontaires pour les années 2005 à 2007 ont été jugées incomplètes. On les a donc estimées en procédant à une interpolation linéaire entre les années 2004 et 2008.

Les données de 1995 sur les quantités de HFC contenues dans les biens fabriqués importés et exportés, à l'exception des véhicules importés et exportés, n'était pas disponibles. On a donc utilisé les résultats de 1996 à 1998 pour procéder à une extrapolation linéaire pour obtenir des données pour 1995. Pour 1999–2003, on a procédé à une interpolation linéaire des données disponibles en 1998 et 2004.

Lors de l'examen des données sur le plan de la cohérence dans la série chronologique, conformément à la section 5.3.3.4 du chapitre 5 du volume 1 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), certaines lacunes ont été constatées pour les données sur les importations et les exportations en vrac et sur les biens fabriqués contenant des HFC. L'année de données 2016 est une année pour laquelle aucune donnée d'importation et d'exportation en vrac n'existe, et les années de données de 2011 à 2021 sont des années pour lesquelles il n'y a pas d'ensemble de données complet sur les biens fabriqués contenant des HFC importés et exportés. On a procédé à une extrapolation en utilisant des variables de substitution afin de combler les lacunes de données, au besoin. Le Tableau A3.3–5 présente les diverses variables de substitution appliquées pour l'extrapolation.

Tableau A3.3–5 **Variables de substitution utilisées pour l'extrapolation des tendances pour les HFC****Description des variables de substitution****Superficies commerciales****Superficies résidentielles****Nombre de ménages****Population****Produit intérieur brut****Produit brut pour les catégories suivantes :**

Fabrication d'ordinateurs et de produits électroniques

Fabrication de produits en métal

Aliments

Ameublement et produits connexes

Soins de santé et aide sociale

Exploitation minière (à l'exclusion du pétrole, du gaz et du charbon)

Autres produits

Autres services (à l'exclusion de l'administration publique)

Services professionnels, scientifiques et techniques

Équipement de transport

A3.3.4.3. Coefficients d'émissions et durées de vie

En 2013, EC a mené une enquête sur les applications de la climatisation et de la réfrigération pour obtenir de l'information afin d'établir les coefficients d'émissions.

L'information a été revue (EHS, 2013; ECCC, 2015b), conformément aux mesures de contrôle de la qualité énoncées dans la section 6.7.1.2 du volume 1 du chapitre 6 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les coefficients d'émissions établis à l'aide de l'information recueillie ont également été comparés aux coefficients d'émissions par défaut publiés dans le tableau 7.9 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC; la plupart se situaient dans la plage de coefficients prescrite. Certains coefficients d'émissions (p. ex., celui établi pour la désaffectation en fin de vie utile) ne satisfaisaient pas aux vérifications de contrôle de la qualité de la section 6.7.1.2 du volume 1 du chapitre 6 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour ce qui est de la sollicitation d'une opinion; on a alors choisi une valeur dans la plage de coefficients d'émissions publiée dans le tableau 7.9 du volume 3 du chapitre 7 des Lignes directrices 2006 du GIEC, en se basant sur d'autres informations telles que l'évolution du cadre de la réglementation au Canada. Ces coefficients d'émission ont été appliqués pour toute la durée, à partir de 1995.

Les coefficients d'émissions pour la sous-application « Autres équipements », sous Réfrigération, un assemblage des applications de spécialités, ont été déterminés par la moyenne pondérée des coefficients d'émissions établis à partir d'autres sous-applications propres à la réfrigération.

Pour les applications climatisation et réfrigération, les durées de vie prévues prises en compte pour les estimations des émissions ont été choisies selon les résultats des enquêtes et l'information publiée dans le tableau 7.9 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Pour les applications restantes de HFC, les coefficients d'émissions et les durées de vie des HFC ont été choisis à partir du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Le Tableau A6.2–11 de l'annexe 6 présente les coefficients d'émissions qui ont servi à estimer les émissions de HFC.

A3.3.4.4. Estimations des émissions

La consommation nette d'un HFC donné dans une sous-application spécifique est calculée au moyen de l'Équation A3.3–4. Cette équation est une version modifiée de l'équation 7.1 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC, adaptée au contexte canadien. On calcule également la quantité totale de chaque HFC encore présente dans les produits après les pertes dues à l'assemblage, les pertes en service et en fin de vie, appelée aussi l'ensemble des HFC.

Équation A3.3–4

$$C_{net,i} = IM_{bulk,i} + IM_{fabrication,i} - EX_{fabrication,i}$$

$C_{net,i}$	=	Consommation nette de HFC i , kg
$IM_{bulk,i}$	=	Importations de HFC en vrac i , kg
$IM_{fabrication,i}$	=	Importations de biens fabriqués de HFC i , kg
$EX_{fabrication,i}$	=	Exportations de biens fabriqués de HFC i , kg

Les émissions annuelles pour chaque étape application du cycle de vie sont estimées pour chaque sous-application en multipliant la quantité de HFC à cette étape par le coefficient d'émissions correspondant. On présume qu'une fois qu'un bien est fabriqué, la technologie et son coefficient d'émissions en service inhérent resteront constants tout au long de sa durée de vie. L'estimation du coefficient d'émissions en service prend en compte la quantité de HFC qui a déjà été émise durant l'étape de l'assemblage. De même, les estimations pour la fin de vie sont basées sur la quantité de HFC disponible après que les émissions d'assemblage et les émissions en service ont eu lieu et sur le coefficient d'émissions correspondant pour la sous-application. Le coefficient d'émissions de fin de vie utilisé prend aussi en compte la réglementation en place lors de la désaffectation.

Les sections suivantes expliquent de manière plus détaillée les équations servant à estimer les émissions de HFC qui ont été utilisées pour chaque application ou sous-application distincte.

A3.3.4.4.1. Émissions de HFC provenant des aérosols

Les émissions de HFC provenant de l'application « aérosols » sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–5, qui est l'équation 7.6 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–5

$$EA_t = (A_t \times CE_A) + (A_{t-1} \times (1 - CE_A))$$

EA_t	=	émissions des aérosols dans l'année t , tonnes
A_t	=	quantité de HFC présent dans les produits aérosols vendus dans l'année t , tonnes
A_{t-1}	=	quantité de HFC présent dans les produits aérosols vendus dans l'année $t-1$, tonnes
CE_A	=	coefficient d'émissions en service, pour les aérosols, fraction

A3.3.4.4.2. Émissions de HFC provenant des agents d'expansion dans les plastiques à alvéoles ouverts

Les émissions de HFC provenant de l'expansion des plastiques à alvéoles ouverts sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–6, qui est l'équation 7.8 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–6

$$EPAO_t = M_t$$

$EPAO_t$	=	émissions des agents d'expansions dans les plastiques à alvéoles ouverts dans l'année t , tonnes
M_t	=	Quantité de HFC utilisée dans la fabrication de nouveaux plastiques à alvéoles ouverts dans l'année t , tonnes

A3.3.4.4.3. Émissions de HFC provenant des agents d'expansion dans les plastiques à alvéoles fermés

Les émissions de HFC provenant de l'expansion des plastiques à alvéoles fermés sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–7, qui est une version modifiée de l'équation 7.7 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'équation a été modifiée car aucune information sur la récupération et la destruction des HFC contenus dans les plastiques à alvéoles fermés et leurs agents d'expansion n'était disponible.

Équation A3.3–7

$$EPAF_t = (PAF_t \times (CE_A + CE_{ES})) + (PAF_{Ensemble_{t-n}} \times CE_{ES}) + (PD_t \times CE_{FDV})$$

$EPAF_t$	=	émissions des agents d'expansion dans les plastiques à alvéoles fermés dans l'année t , tonnes
PAF_t	=	quantité de HFC utilisée dans la fabrication de nouveaux plastiques à alvéoles fermés dans l'année t , tonnes
CE_A	=	coefficient d'émissions d'assemblage pour les plastiques à alvéoles fermés, fraction
$PAF_{Ensemble_{t-n}}$	=	quantité de HFC introduite dans la fabrication de plastiques à alvéoles fermés entre l'année t et l'année $t-n$, tonnes
CE_{ES}	=	coefficient d'émissions en service pour les plastiques à alvéoles fermés, fraction
PD_t	=	pertes de désaffectation dans l'année t = pertes restantes de HFC à la fin de la vie utile qui ont lieu lorsque le produit/l'équipement est mis au rebut, tonnes
CE_{FDV}	=	coefficient d'émissions de fin de vie pour les plastiques à alvéoles fermés, fraction
n	=	durée de vie du produit des plastiques à alvéoles fermés
t	=	année actuelle

A3.3.4.4.4. Émissions de HFC provenant des conditionneurs d'air et des réfrigérateurs fabriqués au Canada

Les émissions de HFC de l'équipement de conditionnement d'air et des réfrigérateurs fabriqués au Canada sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–8, qui est une version modifiée de l'équation 7.10 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–8

$$ECARFEOM_t = (CARFEOM_t \times (CE_A + CE_{ES})) + (CARFEOM_{Ensemble_{t-n}} \times CE_{ES}) + (PD_t \times CE_{FDV})$$

$ECARFEOM_t$	=	émissions des conditionneurs d'air ou des réfrigérateurs fabriqués au Canada dans l'année t , tonnes
$CARFEOM_t$	=	quantité de HFC utilisée dans la fabrication de conditionneurs d'air ou de réfrigérateurs dans l'année t , tonnes
CE_A	=	coefficient d'émissions d'assemblage pour les nouveaux conditionneurs d'air ou réfrigérateurs, fraction
$CARFEOM_{Ensemble_{t-n}}$	=	quantité de HFC introduite dans les conditionneurs d'air ou les réfrigérateurs entre l'année t et l'année $t-n$, tonnes
CE_{ES}	=	coefficient d'émissions en service pour les conditionneurs d'air ou réfrigérateurs, fraction
PD_t	=	pertes de désaffectation dans l'année t = pertes restantes de HFC à la fin de la vie utile qui ont lieu quand le conditionneur d'air ou le réfrigérateur est mis au rebut, tonnes
CE_{FDV}	=	coefficient d'émissions de fin de vie pour les conditionneurs d'air ou réfrigérateurs, fraction
n	=	durée de vie du produit des conditionneurs d'air ou réfrigérateurs
t	=	année actuelle

A3.3.4.4.5. Émissions provenant des conditionneurs d'air et des réfrigérateurs fabriqués ailleurs

L'Équation A3.3–8 est appliquée pour estimer les émissions de HFC provenant des conditionneurs d'air et des réfrigérateurs fabriqués ailleurs, sauf que le coefficient des émissions d'assemblage, dans ce cas, est égal à zéro.

A3.3.4.4.6. Émissions de HFC provenant des solvants

Les émissions de HFC provenant des solvants sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–9, qui est une version modifiée de l'équation 7.5 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Elle a été modifiée car aucune information sur la destruction des HFC utilisés comme solvants n'est disponible.

Équation A3.3–9

$$ES_t = (S_t \times CE_s) + (S_{t-1} \times (1 - CE_s))$$

ES_t	=	émissions des solvants dans l'année t , tonnes
S_t	=	quantité de HFC présent dans les solvants vendus dans l'année t , tonnes
S_{t-1}	=	quantité de HFC présent dans les solvants vendus dans l'année $t-1$, tonnes
CE_s	=	coefficient d'émissions en service pour les solvants, fraction

A3.3.4.4.7. Émissions de HFC provenant des systèmes de suppression et d'extinction des incendies

Les émissions de HFC provenant des systèmes de suppression ou d'extinction des incendies sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–10, qui est une version modifiée de l'équation 7.17 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Elle a été modifiée car aucune information sur la destruction des HFC utilisés dans les systèmes de suppression et d'extinction des incendies n'est disponible.

Équation A3.3–10

$$ESSEIM_t = ((ESSEI_t + ESSEI_{Ensemble_{t-n}}) \times CE_{ES}) + (PD_t \times CE_{FDV})$$

$ESSEIM_t$	=	émissions des systèmes de suppression et d'extinction des incendies dans l'année t , tonnes
$ESSEI_t$	=	quantité de HFC utilisées dans les systèmes de suppression et d'extinction des incendies dans l'année t , tonnes
$ESSEI_{Ensemble_{t-n}}$	=	quantité de HFC introduite dans les systèmes de suppression et d'extinction des incendies entre l'année t et l'année $t-n$, tonnes
CE_{ES}	=	coefficient d'émissions en service pour les systèmes de suppression et d'extinction des incendies, fraction
PD_t	=	pertes de désaffectation dans l'année t = pertes restantes de HFC à la fin de la vie utile qui ont lieu quand le système de suppression et d'extinction des incendies est mis au rebut, tonnes
CE_{FDV}	=	coefficient d'émissions de fin de vie pour les systèmes de suppression et d'extinction des incendies, fraction
n	=	durée de vie du produit des systèmes de suppression et d'extinction des incendies
t	=	année actuelle

A3.3.4.4.8. Émissions de HFC provenant des applications d'articles divers et autres produits

Les émissions de l'application *articles divers et autres produits* sont estimées au moyen de l'Équation A3.3–11, qui est l'équation 7.18 du chapitre 7 du volume 3 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Équation A3.3–11

$$EADAP_t = (ADAP_t \times CE_{ADAP}) + (ADAP_{t-1} \times (1 - CE_{ADAP}))$$

$EADAP_t$	=	émissions des articles divers et autres produits dans l'année t , tonnes
$ADAP_t$	=	quantité de HFC présent dans les articles divers et autres produits vendus dans l'année t , tonnes
$ADAP_{t-1}$	=	quantité de HFC présent dans les articles divers et autres produits vendus dans l'année $t-1$, tonnes
CE_{ADAP}	=	coefficient d'émissions en service pour les articles divers et autres produits, fraction

A3.3.4.4.9. Estimations des émissions annuelles totales de HFC

Les estimations des émissions annuelles totales pour chaque HFC sont dérivées en additionnant les émissions de chaque application applicable. Une fois que les estimations des émissions annuelles au niveau national sont obtenues, elles sont ventilées par province et territoire en fonction de variables de substitution, comme l'extrait brut des services de l'hébergement et de la restauration pour la réfrigération commerciale, et le nombre de ménages pour la réfrigération résidentielle.

A3.3.5. Émissions de SF₆ des équipements électriques

A3.3.5.1. Méthode – Détermination de la méthode de quantification propre au pays

Pour quantifier les émissions de SF₆ (pour 2006–2021), l'industrie canadienne de l'électricité utilise une méthode déterminée à partir de l'équation de niveau 3 de base, soit l'équation 8.10 du volume 3 des Lignes directrices du GIEC (2006) sur le cycle de vie, présentée ci-dessous.

A3.3.5.1.1. Émissions durant la fabrication des équipements

Selon certaines sociétés de services publics, l'équipement électrique acheté par le secteur de l'électricité canadien est fabriqué aux États-Unis, en Europe et en Asie, et donc les émissions associées à sa fabrication auraient été libérées principalement en dehors du Canada.

A3.3.5.1.2. Émissions durant l'installation de l'équipement

Au moment de sa livraison aux services, l'équipement contenant du SF₆ est chargé d'une certaine quantité de SF₆, puis il est chargé à sa capacité maximale une fois rendu à l'installation. Au sein de l'industrie canadienne de l'électricité, les émissions potentielles de SF₆ durant l'installation de l'équipement sont considérées comme extrêmement faibles. Une vérification de la mise sous vide est habituellement réalisée avant l'installation d'un nouvel équipement pour s'assurer que celui-ci est étanche aux fuites de gaz.

A3.3.5.1.3. Émissions durant l'utilisation des équipements

La principale source d'émissions de SF₆ est due à l'accumulation de faibles émissions durant le fonctionnement normal de l'équipement. Il est possible que des émissions de gaz surviennent au cours des opérations de manipulation et de transfert du gaz, mais de telles émissions seraient considérablement plus faibles que les émissions survenant durant l'utilisation normale de l'équipement.

En raison des fuites de SF₆ qui se produisent au cours des situations mentionnées ci-dessus, les services doivent remplir au maximum de sa capacité leurs équipements afin que ceux-ci soient correctement chargés et opérationnels. En remplissant les équipements au maximum de leur capacité avec du SF₆, les services sont en mesure de remplacer la quantité de gaz qui s'est échappé.

A3.3.5.1.4. Émissions durant la désaffectation des équipements et durant les pannes

Lors de la désaffectation, le SF₆ contenu dans les équipements mis hors service doit être récupéré avant leur élimination. Étant donné que des émissions de SF₆ peuvent survenir en fonction de la façon dont le gaz est transféré à l'extérieur de l'équipement durant sa récupération, la désaffectation d'équipements mis hors service devient une source potentielle d'émissions.

Quand des pannes d'équipements désastreuses surviennent, une quantité importante de SF₆ s'échappe de l'équipement. Par conséquent, les dommages touchant les équipements représentent une source potentielle d'émissions.

Les équipements mis hors service et les équipements endommagés qui ne peuvent pas être réparés sont transportés à l'extérieur du site en vue d'être éliminés.

A3.3.5.1.5. Émissions provenant du recyclage du SF₆

Quand du SF₆ est récupéré d'un équipement, il est filtré dans une bouteille à gaz ou un autre équipement filtrant pour en retirer l'humidité et les impuretés avant de le réutiliser. Quand du SF₆ a été contaminé par de l'air ou des impuretés et que sa pureté est inférieure à un certain niveau (le niveau acceptable varie entre 95 et 99 %, selon les pratiques du service), il ne peut pas être réutilisé et est donc expédié aux États-Unis en vue d'être purifié à l'extérieur du site. Aucune installation au Canada n'effectue la purification du SF₆. Une des méthodes employées pour le purifier consiste à utiliser un procédé cryogénique pour séparer et retirer l'air/azote du SF₆. La purification du SF₆ n'entraîne aucune émission de SF₆. Donc, les émissions provenant du recyclage du SF₆ sont éliminées du calcul des émissions totales.

Compte tenu du raisonnement précédent, l'industrie canadienne de l'électricité utilise une approche modifiée de niveau 3 du GIEC propre au Canada pour estimer les émissions de SF₆. Seules les émissions provenant de l'utilisation ainsi que de la désaffectation et des pannes de l'équipement sont calculées, comme l'indique l'Équation A3.3–12.

Équation A3.3–12

$$\begin{aligned} & \textbf{Total des émissions de SF}_6 \textbf{ des services publics} \\ &= \sum \textbf{Émissions durant l'utilisation de l'équipement} \\ &+ \sum \textbf{Émissions durant la désaffectation des équipements ou durant les pannes} \end{aligned}$$

A3.3.5.2. Méthode – Quantification des émissions provenant de l'utilisation des équipements

Les émissions survenant durant l'utilisation d'équipements sont le résultat de fuites au cours des activités de transfert et de manipulation du gaz ainsi que de fuites au cours de l'utilisation normale de l'équipement. Afin de maintenir les équipements correctement chargés et opérationnels, les services publics doivent remplir leurs équipements au maximum de leur capacité de manière à remplacer la quantité de gaz qui s'est échappée. Cette quantité s'appelle le « plein ».

Des fuites de SF₆ surviennent aussi durant les activités d'entretien et de réparation. Quand un équipement doit être réparé ou envoyé aux fins d'entretien, le SF₆ y est récupéré; ensuite, le SF₆ récupéré est rechargé dans ce même équipement. Une quantité additionnelle de gaz sera requise pour remplir l'équipement, car une certaine quantité de gaz peut s'être échappée lors des activités normales et durant le transfert du gaz récupéré entre l'équipement et les bouteilles à gaz (ou cylindres de stockage) puis de nouveau vers l'équipement. La quantité additionnelle de SF₆ est celle requise pour remplir l'équipement au maximum de sa capacité, soit le « plein ». Donc, une estimation exacte de la quantité de SF₆ consiste à calculer la quantité utilisée par les services publics pour remplir leurs équipements au maximum de leur capacité durant la phase d'utilisation des équipements.

A3.3.5.2.1. Options pour surveiller la quantité de SF₆ utilisé pour faire le plein

On trouve ci-dessous des options permettant aux services publics d'électricité canadiens d'effectuer un suivi de la quantité de SF₆ nécessaire pour faire le plein, et ce, de manière à quantifier les émissions de SF₆ au cours de la phase d'utilisation de l'équipement. Ces options sont énumérées en ordre décroissant, de la plus précise à la moins précise. La méthode la plus précise nécessite la mesure directe de la quantité de gaz transférée en faisant le plein, tandis que les méthodes moins précises sont basées sur l'utilisation de registres d'inventaire ou de reçus d'achat pour obtenir une estimation. Il incombera à chaque service public de choisir la méthode qu'il utilisera. Les services publics canadiens peuvent suivre la quantité de SF₆ utilisée annuellement pour faire le plein (c'est-à-dire, la quantité ayant été émise) en utilisant des débitmètres massiques, en calculant un bilan massique ou en comptant le nombre de bouteilles consommées.

Pour toutes ces options de suivi, on suppose que les quantités de SF₆ mesurées ne comprennent pas le gaz utilisé pour pressuriser le nouvel appareillage de connexion au maximum de sa capacité au moment de l'installation. En effet, le gaz utilisé à cet effet est habituellement fourni par le fournisseur de l'appareillage de connexion au moment de l'installation et ne sort donc pas de l'inventaire du service public (veuillez consulter la section A3.3.5.1.2 – Émissions durant l'installation de l'équipement).

Option 1 : Débitmètres massiques

L'utilisation de débitmètres massiques représente la méthode la plus précise pour mesurer la quantité de SF₆ consommé en faisant le plein. La somme de toutes les quantités mesurées durant ce remplissage sera utilisée pour déterminer les émissions durant l'utilisation de l'équipement.

Option 2 : Bilan massique

Les services publics peuvent choisir de peser leurs bouteilles de SF₆ pour déterminer la quantité de SF₆ consommé en faisant le plein. La différence de masse des bouteilles peut être déterminée soit chaque fois qu'un équipement est ainsi rempli, soit en se basant sur l'inventaire. Les services publics doivent également tenir des registres sur tous les achats de bouteilles ou tous les ajouts au stock de bouteilles, sur le poids des bouteilles retournées aux fournisseurs et sur la quantité de SF₆ expédiée hors site pour recyclage ou destruction durant l'année. Lorsqu'ils recourent à la méthode du bilan massique, les services publics doivent s'assurer que la précision de la balance est compatible avec le poids des bouteilles à peser. Par exemple, les services publics doivent utiliser une balance ayant une précision de ±1 kg et non de ± 5 kg pour peser une bouteille de 50 kg.

Option 3 : Dénombrement des bouteilles

En l'absence de débitmètres massiques ou de balances, les services publics peuvent choisir de se fier à l'information provenant du fournisseur, aux registres d'inventaire ou aux reçus d'achat pour déterminer le nombre de bouteilles de SF₆ pleines achetées et leur poids. On peut supposer que la masse de SF₆ consommé est égale à la quantité de SF₆ acheté dans une année, ou égale au changement dans le registre d'inventaire.

Le poids du SF₆ contenu dans les différents types de bouteilles doit être connu. Par conséquent, les services publics peuvent tout simplement obtenir le poids du SF₆ consommé pour faire le plein en comptant les bouteilles. Si plus d'un type de bouteille est utilisé, les services publics doivent s'assurer que le nombre de bouteilles de chaque type est multiplié par le poids de la bouteille de chaque type. Les totaux obtenus pour chaque type de bouteille sont ensuite additionnés, ce qui donne l'utilisation totale de SF₆.

A3.3.5.3. Méthode – Quantification des émissions dues à l'élimination de l'équipement et aux pannes

Les émissions dues à l'élimination de l'équipement et aux pannes comprennent les émissions découlant de la désaffectation d'équipements mis hors service et les émissions qui résultent de rares événements de pannes d'équipement catastrophiques.

Au cours de la désaffectation d'équipements mis hors service, des pertes de SF₆ surviennent quand le gaz est récupéré à partir de l'équipement mis hors service. Les émissions peuvent être estimées en calculant la différence entre la capacité nominale de l'équipement et la quantité récupérée de SF₆ (voir l'Équation A3.3–13).

Équation A3.3–13

$$\begin{aligned} &\textit{Émissions durant la désaffectation de l'équipement} \\ &= \textit{Capacité nominale de l'équipement mis hors service} \\ &- \textit{Quantité de SF}_6 \textit{ récupéré dans l'équipement mis hors service} \end{aligned}$$

La valeur de la capacité nominale (en unités de masse) peut être obtenue à partir des spécifications de l'équipement fournies par le fabricant de l'équipement ou à partir d'estimations d'ingénierie éprouvées. La quantité de SF₆ récupéré est pesée.

Quand des pannes ou des bris d'équipement surviennent et que leur importance rend impossible la réparation de l'équipement, on suppose que la capacité nominale de l'équipement est représentative des émissions découlant des bris ou des pannes d'équipement.

L'information présentée dans cette section (A3.3.4) est un extrait du *Protocole d'estimation des émissions de SF₆ pour les services d'électricité* (EC et Association canadienne de l'électricité, 2008), qui est disponible à l'adresse suivante : <http://www.publications.gc.ca/site/fra/9.698565/publication.html>. Pour obtenir davantage d'information sur l'incertitude des données, le contrôle de la qualité des données, la vérification des données par une tierce partie, le transfert de l'information et des données à ECCC, la documentation et l'archivage, les nouveaux renseignements et les données mises à jour, ainsi que sur l'examen du protocole et les modifications apportées à celui-ci, veuillez consulter le protocole.

A3.3.5.4. Sources de données

Les émissions de SF₆ par province pour 2006–2021 ont été fournies par l'Association canadienne de l'électricité et BC Hydro.

A3.4. Méthodologie pour le secteur de l'Agriculture

Aperçu de la méthodologie pour les émissions agricoles

La présente section de l'Annexe 3 décrit les méthodes d'estimation, les équations, les données sur les activités, les coefficients d'émission et les paramètres utilisés pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur de l'Agriculture :

- les émissions de méthane (CH_4) dues à la fermentation entérique
- les émissions de CH_4 et d'oxyde nitreux (N_2O) attribuables à la gestion des fumiers et au brûlage de résidus agricoles dans les champs
- les émissions de N_2O des sols agricoles (émissions directes, émissions indirectes et émissions provenant du fumier laissé sur les pâturages, les grands parcours et dans les enclos)
- les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) résultant de l'application agricole de chaux et d'urée

La section A3.4.1 présente les sources des données sur les populations animales nécessaires aux calculs des émissions agricoles de CH_4 et de N_2O . Les méthodes utilisées pour calculer les émissions de GES agricoles sont décrites aux sections A3.4.2 à A3.4.8. Il convient de noter que les sols agricoles émettent et capturent également le CO_2 , mais ces sources ou puits de carbone sont pris en compte dans l'étude du secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) (voir Annexe 3.5).

L'élevage d'animaux et la production agricole sont des systèmes qui interagissent avec la production d'émissions de GES. La méthodologie d'estimation des GES décrite à l'Annexe 3.4 commence par une estimation des émissions attribuables à l'élevage d'animaux, suivie par les émissions attribuables à la production agricole (Figure A3.4–1). Toutes les méthodes précisées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2006) pour le calcul des émissions suivent la formule de base des « données sur les activités » multipliées par « les coefficients d'émission ». Dans le cas des émissions agricoles, les « données sur les activités » peuvent se rapporter au nombre d'animaux, à la quantité d'azote (N) épandu sur les sols ou à quelque autre mesure de l'activité agricole. Le « coefficient d'émission » est un taux d'émission moyen d'un GES particulier provenant d'une source donnée, relatif à une unité de données sur les activités. Le calcul des émissions agricoles est souvent séquentiel, car un grand nombre de processus sont interdépendants. Par exemple, les variations dans les populations d'animaux d'élevage et les caractéristiques de ces animaux peuvent modifier la quantité de N du fumier transféré du système d'élevage au système de culture.

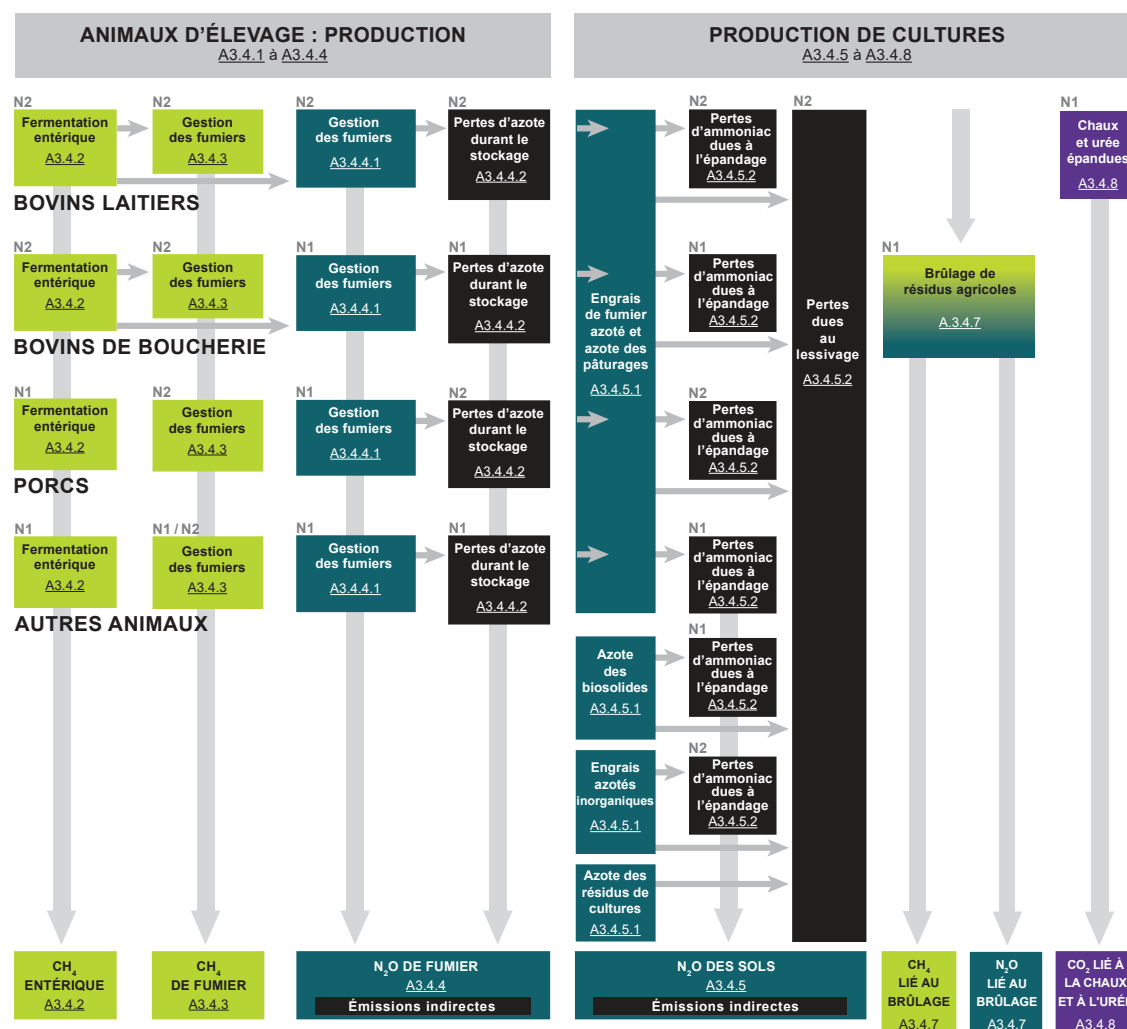
Les émissions provenant de l'élevage d'animaux sont principalement attribuables aux populations d'animaux, mais les coefficients d'émission sont tributaires d'autres facteurs. La qualité de la nourriture animale et sa quantité influent sur la rapidité de croissance des animaux et la quantité de leur production (p. ex., production de lait par des vaches laitières), mais des variations dans les caractéristiques de la nourriture animale auront également des répercussions sur les quantités de méthane et de fumier produites par un animal (et, par conséquent, de carbone [C] et de N) qu'il rejette dans l'environnement. Ainsi, la qualité de la nourriture et la productivité des animaux peuvent être des facteurs qui modifient les coefficients d'émission attribuable aux animaux d'élevage au fil du temps. En outre, les changements dans les infrastructures de gestion des fumiers (pour l'entreposage et l'épandage du fumier) ou les pratiques agricoles, comme les changements dans la quantité de temps que passent les animaux dans les pâturages, peuvent modifier la quantité ou le profil des émissions. Par conséquent, les coefficients d'émission peuvent également varier d'année en année, tout comme les données sur les activités.

Les méthodes d'estimation pour les animaux d'élevage utilisées dans le Rapport d'inventaire national (RIN) peuvent généralement être regroupées en quatre catégories : 1) bovins laitiers; 2) bovins de boucherie (non laitiers); 3) porcs; et 4) autres animaux d'élevage (Figure A3.4–1). Pour la catégorie des bovins de boucherie, les estimations des émissions du processus de fermentation entérique et de la gestion des fumiers sont fondées sur les méthodes de niveau 2 du GIEC pour lesquelles ont été utilisés des paramètres propres au pays obtenus dans le cadre de consultations d'experts (Boadi et al., 2004a; Marinier et al., 2004) et des données sur la production animale sous forme d'augmentation du poids des carcasses (AAC, s.d. [b]). Pour ce qui est de la catégorie des bovins laitiers, la consultation d'experts a été améliorée par l'introduction de meilleures données sur la nourriture et sur la production, et l'introduction de renseignements tirés de données de l'enquête sur la gestion agroenvironnementale de Statistique Canada. Pour les catégories des porcs et des autres animaux d'élevage, la méthode de niveau 1 par défaut du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de la fermentation entérique. Les émissions découlant de la gestion des fumiers de porc sont estimées à l'aide d'une méthode de niveau 2 avec des données provenant de la consultation d'experts (Marinier et al., 2004), des données sur la production animale sous forme d'augmentation du poids des carcasses et des renseignements tirés des enquêtes sur la gestion agroenvironnementale. Pour la plupart des autres animaux d'élevage, les émissions provenant de la gestion des fumiers sont calculées à l'aide des consultations d'experts ou des méthodes de niveau 1 du GIEC. Les émissions des animaux autres que les bovins, les porcs, les moutons, la volaille, les chevaux et les bisons représentent moins de 0,5 % des émissions agricoles totales et moins de 0,05 % des émissions anthropiques totales à l'échelle nationale.

Les émissions de N₂O provenant de la production agricole sur les sols agricoles sont principalement attribuables aux ventes d'engrais azotés, à la superficie de cultures annuelles, au type de N épandu et au système de culture sur lequel il est épandu. Dans une moindre mesure, les émissions d'une province varient selon la disponibilité du fumier et des biosolides par rapport aux demandes en N des cultures. Une combinaison de données sur les activités (populations animales) et de facteurs, comme la qualité de la nourriture et sa quantité, la productivité des animaux et l'infrastructure de gestion des fumiers influent sur la quantité totale de N qui est transférée du système d'élevage aux sols agricoles et sur la quantité de N perdu dans l'environnement pendant ces transferts.

Spatialement, le N est distribué aux écodistricts agricoles, qui représentent un niveau du Cadre écologique national pour le Canada. Le pays est divisé en 1 027 écodistricts, chacun caractérisé par un ensemble distinct de types de reliefs, de modelés, de formations géologiques, de sols, de végétation, de plans d'eau et d'animaux. Les taux d'application sont calculés en fonction du N organique total selon les besoins des écodistricts et des cultures, et sont par la suite ajustés aux ventes d'engrais provinciales, comme l'indique la section A3.4.5. Un coefficient d'émission propre au pays pour les sols agricoles est calculé pour chaque écodistrict (section A3.4.5.1), et est ajusté en fonction de la source de N, du système de culture, de la topographie, des sols et du climat de l'écodistrict, ainsi que des pratiques de gestion comme le travail du sol et l'irrigation. Les émissions sont par la suite calculées en fonction de la quantité de N épandu sur le sol, multipliée par le coefficient d'émission propre à l'écodistrict. Ainsi, la quantité d'émissions provenant d'une unité donnée de N ajouté aux sols varie selon l'écodistrict. Les sources de N comprennent les engrais organiques et inorganiques et les résidus de culture (le N contenu dans les matières végétales qui sont laissées dans les champs après la récolte).

Figure A3.4–1 **Aperçu des principales méthodes et des niveaux du GIEC utilisés pour estimer les émissions de la production d'animaux d'élevage et de cultures**



L'azote est suivi tout au long du processus de production agricole, et les pertes d'ammoniac après l'épandage d'engrais et de fumier sur les terres cultivées sont calculées au moyen d'une approche de niveau 2 pour le N contenu dans les engrais et les fumiers de bovins laitiers et de porcs (les coefficients de perte par défaut de niveau 1 du GIEC sont utilisés pour tous les autres animaux). Les émissions indirectes de N₂O attribuables à la perte de N du système agricole sont estimées à l'aide de coefficients d'émission de niveau 1 du GIEC (2006) (section A3.4.5.2).

Les sources d'émission mineures, comme les émissions de CO₂ provenant de l'utilisation de chaux et d'urée à des fins agricoles et les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables au brûlage des résidus agricoles dans les champs, sont décrites dans les sections A3.4.8 et A3.4.7, respectivement.

A3.4.1. Sources de données sur les populations animales

Les données annuelles sur la population d'animaux d'élevage à l'échelon provincial ont été utilisées pour établir les estimations des émissions. Les données sur les populations d'animaux d'élevage et de volaille correspondant à chacune des sous-catégories ont été obtenues pour chaque province auprès de Statistique Canada et d'autres sources, tel qu'il est décrit au Tableau A3.4—1.

Les populations annuelles de bovins, de moutons et de porcs sont présentées comme une simple moyenne des sondages semestriels ou trimestriels. Ces petits sondages sont corrigés par Statistique Canada avec des estimations de la population du recensement de l'agriculture (RDA), qui sont collectées tous les cinq ans, afin d'assurer l'exactitude des estimations.

Les estimations pour les populations de chevaux, de chèvres, de bisons¹, de lamas et d'alpagas, de chevreuils et d'élans, de sangliers, de lapins et de volailles sont tirées uniquement du RDA, et les populations annuelles sont établies par interpolation linéaire afin d'éviter de trop grandes variations d'une année de recensement à l'autre. Les populations de chevreuils et d'élans, qui sont considérées comme nouvelles dans le secteur de la production canadienne de bétail et déclarées seulement dans le RDA pour les années de recensement débutant au cours de la période de déclaration, ont été extrapolées de nouveau à zéro pour l'année de recensement précédant leur première mention dans le RDA. Les données sur les populations de mules et d'ânes pour les années 2001, 2006, 2011 et 2016 ont été reçues par l'intermédiaire d'une communication personnelle² et proviennent de réponses compilées et fournies dans le cadre du RDA, tandis que les populations pour l'année 2021 étaient directement disponibles dans le RDA. Les populations de mules et d'ânes n'ont pas été compilées avant le recensement de 2001, mais on a supposé qu'elles étaient constantes au niveau de 2001 de 1990 à 2000. Les données sur les populations de sangliers pour les années de recensement 1991, 1996 et 2016 ont été reçues par l'intermédiaire d'une communication personnelle^{3, 4} et elles ont été compilées à partir de réponses fournies dans le cadre du RDA. Comme il n'y a pas eu de recensement des populations de sangliers et de buffles en 1986, on a utilisé les populations établies en 1991 pour l'année de recensement de 1990.

Les estimations pour les populations reproductrices de visons et de renards sont tirées d'une enquête annuelle de Statistique Canada intitulée *Bilan des visons et renards dans les fermes d'élevage et nombre de fermes*, qui fournit le nombre de renards et de visons dans les fermes au 1^{er} janvier de l'année de l'enquête. Statistique Canada a récemment annulé l'enquête sur les fermes d'élevage sur laquelle reposent les populations de visons et de renards, et examine actuellement d'autres sources de données. Dans l'intervalle, les populations de 2021 ont été établies comme égales à celles de 2020. Les données sur les populations de lapins sont tirées de réponses au RDA fournies sur le site Web de l'Information sur le marché des viandes rouges d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) (AAC, s.d. [a]), mais ont été modifiées en fonction de l'opinion d'experts⁵ au moyen d'un facteur de correction pour estimer le nombre de lapins femelles comparativement au nombre total de lapins.

Pour remplir une approche de fermentation entérique de niveau 2 du GIEC pour les secteurs des Bovins laitiers et des Bovins de boucherie, les sous-catégories de populations de bovins provinciales, recueillies par Statistique Canada, ont été divisées en étapes de production de moins d'un an (soit « sous-catégorie de production ») afin d'isoler et de quantifier l'effet de pratiques de production précises sur la consommation d'énergie brute (EB) et, comme conséquence, sur l'émission de CH₄. Les données décrivant le milieu de production et le rendement connexe des espèces animales proviennent de diverses sources, notamment les suivantes : 1) plusieurs enquêtes sur les méthodes de production et de gestion publiées dans des revues scientifiques, 2) un sondage sur les pratiques de production du cheptel laitier et de bovins de boucherie effectué auprès

1 Dans les tableaux du cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR), les valeurs pour les bisons d'Amérique (*Bison bison*) qui sont élevés pour leur viande sont incluses dans la catégorie d'animaux « Buffle » du GIEC.

2 Laborde, L. 2015. Communication personnelle (courriel de L. Laborde au chef, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 2 septembre 2015). Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC).

3 Laborde, L. 2016. Communication personnelle (courriel de L. Laborde à C. Flemming, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 26 octobre 2016). Division des inventaires et des rapports sur les polluants, ECCC.

4 Taylor, P. 2016. Communication personnelle (courriel de P. Taylor à C. Flemming, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 21 septembre 2018).

5 Tapscott, B. 2015. Communication personnelle (courriel de B. Tapscott, OMAFRA, au chef, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, daté du 16 septembre 2015). Division des inventaires et des rapports sur les polluants, ECCC.

Tableau A3.4–1 **Catégories d'animaux et sources de données sur les populations**

Catégories	Sources/Notes
Bovins	Statistique Canada. Sans date. Tableau 32-10-0130-01 (anciennement CANSIM 003-0032). Nombre de bovins selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (tête) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210013001&request_locale=fr .
– Bovins laitiers	Tous les bovins destinés à la production de lait et de produits laitiers
– Bovins non laitiers	Tous les autres bovins
Bisons, chèvres, chevaux, lamas et alpagas, chevreuils et élans	Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada, années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 (n° 23-502-X au catalogue). Recensement de l'agriculture 2011 et 2016 : Statistique Canada. Tableau 32-10-0427-01 (anciennement CANSIM 004-0224). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210042701&request_locale=fr . Recensement de l'agriculture 2021 : Statistique Canada. Certaines types de bétail et volailles, données chronologiques du Recensement de l'agriculture. Tableau 32-10-0155-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210015501&request_locale=fr . - Interpolation linéaire entre années de recensement; reste constante après le dernier recensement
Sangliers	Année de recensement 2021 : Statistique Canada. Certaines types de bétail et volailles, données chronologiques du Recensement de l'agriculture. Tableau 32-10-0155-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210015501&request_locale=fr . Année de recensement 2016a : Taylor, Patrick (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 21 septembre 2018. Année de recensement 2001 à 2011 : Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada : années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 (no 23-502-X au catalogue), Recensement de 2011. Statistique Canada. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011 (base de données). Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210042701&request_locale=fr . - Interpolation linéaire entre les années de recensement; demeure constante après la dernière année de recensement. Années de recensement 1991 et 1996 : Laborde, Leon (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 26 octobre 2016. - Interpolation linéaire entre les années de recensement; il est supposé que les données de 1990 sont les mêmes que celles de 1991
Visons et renards	Statistique Canada. Sans date. Tableau 32-10-0116-01 (anciennement CANSIM Tableau 003-0015) - Bilan des visons et renards dans les fermes d'élevage et nombre de fermes annuel [consulté le 28 octobre 2021]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210011601&request_locale=fr .
Mules et ânes ^a	Année de recensement 2021 : Statistique Canada. Sans date. Stock d'autres animaux sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021. Tableau 32-10-0155-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210015501&request_locale=fr . Année de recensement 2016 : Laborde, L. (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 16 mai 2018. Années de recensement de 2001 à 2011 : Laborde, L. (Statistique Canada). Communication personnelle reçue le 2 septembre 2015. - Population maintenue constante avant le recensement de 2001 et après le dernier recensement
Lapins	Agriculture et agroalimentaire Canada, Information sur le marché des viandes rouges, espèces alternatives de bétail. Disponible en ligne : https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges/aperçu-industrie-cunicole . - Interpolation linéaire entre années de recensement; population constante depuis le dernier recensement - Facteur de correction appliqué pour isoler la population reproductrice, compte tenu de l'opinion d'expert fournie par Brian Tapscott, spécialiste de l'élevage d'animaux non traditionnels, OMAFRA
Moutons et agneaux	Statistique Canada. Sans date. Tableau 32-10-0129-01 (anciennement CANSIM 003-0031) – Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel (tête) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012901&request_locale=fr .
Porcs	Statistique Canada. Sans date. Tableau 32-10-0290-01 (anciennement CANSIM 003-0004) – Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimestre, trimestriel (tête), base de données CANSIM. Années 1990-2006. Statistique Canada. Tableau 32-10-0145-01 (anciennement CANSIM 003-0100) - Statistiques de porcs, nombre de porcs dans les fermes à la fin d'une période semestrielle [consulté le 6 octobre 2022]. Années 2007-2018. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210014501&request_locale=fr .
Volaille	Tableaux des données sur les exploitations et les exploitants (section 6.5, no de catalogue 95-629) (Statistique Canada [2007a]) Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture (Canada et provinces), années de recensement 1976 à 2006 (tableau 2.16 et section 4.6, numéro de catalogue 95-632 de Statistique Canada [Statistique Canada, 2007b]). Recensement 2011 et 2016 : Statistique Canada. Tableau 32-10-428-01 (anciennement CANSIM 004-0225) – Stocks de volailles le jour du recensement [consulté le 22 octobre 2018]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210042801&request_locale=fr . Recensement 2021 : Statistique Canada. Stocks de volailles sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021 [consulté le 6 octobre 2022]. Tableau 32-10-0374-01. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210037401&request_locale=fr . - Interpolation linéaire entre années de recensement; reste constante après le dernier recensement
Note :	
a.	Ces données pourraient être affectées par des erreurs dues à la couverture.

de spécialistes régionaux et provinciaux dans tout le pays, 3) une consultation de chercheurs des milieux universitaires et du gouvernement fédéral, et 4) des associations provinciales et nationales et des organismes provinciaux et régionaux de contrôle du rendement (Boadi et al., 2004a).

Ces données ont été utilisées pour créer une approche de production bovine annuelle qui tient compte des variations régionales et saisonnières en ce qui concerne les pratiques de production. Les huit sous-catégories de bovins ont été ventilées en 38 étapes de production bovine distinctes, 29 étapes pour le secteur des bovins de boucherie et neuf étapes pour le secteur des bovins laitiers, observés dans toutes les provinces du pays (Tableau A3.4–2). L'approche permet de caractériser les bovins selon l'état physiologique, le régime alimentaire, l'âge, le sexe, le poids, le taux de croissance, le

Tableau A3.4–2 Approche de production bovine par étapes

Sous-catégorie	Milieu de production	Période de l'année ^a	Province
Vaches de boucherie	En gestation, confinées	Janv.–avr. / Oct.–déc.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches de boucherie	En lactation, pâturage	Mai–oct.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches de boucherie	En gestation, confinées	Févr.–mars	MB
Vaches de boucherie	En lactation, pâturage	Janv. / mars–déc.	MB
Taureaux reproducteurs	Adultes, confinés	Janv.–avr. / Nov.–déc.	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Adultes, pâturage	Mai–oct.	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Jeunes, confinés	Mars–avr.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Jeunes, pâturage	Mai–oct.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Taureaux reproducteurs	Jeunes, confinés	Nov.–déc. / Janv.–févr.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	De la naissance au pâturage	Mars	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Pâturage	Avr.–sept.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Génisses de remplacement	Oct.–déc. / Janv.–mars	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Génisses semi-finies	Oct.–déc. / Janv.–mars	PE/NS/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Bouvillons semi-finis	Oct.–déc. / Janv.–mars	NL/PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Génisses destinées à l'abattage	Oct.–déc. / Janv.–mars	NL/PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Veaux de boucherie	Bouvillons destinés à l'abattage	Oct.–déc. / Janv.–mars	PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses de remplacement	Jeunes, non gravides	Avr.–mai	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses de remplacement	En début de gestation	Juin–sept.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses de remplacement	En fin de gestation	Oct.–déc. / Janv.–mars	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	Avr.–juin	PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Bouvillons destinés à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	Avr.–juin	PE/NS/NB/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement, long engraissement	Avr.–juill.	NS/ON/MB
Bouvillons destinés à l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement, long engraissement	Avr.–juill.	NS/ON/MB
Génisses semi-finies	Confinées	Mars–mai	NL/NS/ON/MB/SK/AB/BC
Bouvillons semi-finis	Confinés	Mars–mai	NL/NS/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses semi-finies	Pâturage	Juin–sept.	NL/NS/ON/MB/AB/BC
Bouvillons semi-finis	Pâturage	Juin–sept.	NL/NS/ON/MB/AB/BC
Génisses destinées à l'abattage	Parc d'engraissement, long engraissement	Oct.–déc.	PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Bouvillons destinés à l'abattage	Parc d'engraissement, long engraissement	Oct.–déc.	PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches laitières	En lactation, confinées	var. ^b	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Vaches laitières	En lactation, pâturage	var.	NL/PE/NB
Vaches laitières	En lactation, confinées (après pâturage)	var.	PE
Vaches laitières	Taries, alimentation de faible qualité	var.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/BC
Vaches laitières	Taries, alimentation de grande qualité	var.	MB/SK/AB/BC
Vaches laitières	Taries, pâturage	var.	NL/ON
Génisses laitières	Confinées (243 jours par année)	Janv.–avr. / Oct.–déc.	NL/PE/NS/NB/QC/ON/MB/SK/AB/BC
Génisses laitières	Pâturage	Mai–oct.	NL/PE/NB/ON/SK
Génisses laitières	Confinées (365 jours par année)	Janv.–déc.	NB/ON/SK

Notes :

a. La période réelle de l'année peut varier légèrement d'une province à l'autre.

b. Variable selon l'exploitation agricole, la province et les cycles des animaux.

niveau d'activité et le milieu de production. Des travaux supplémentaires sur le secteur des bovins laitiers ont été mis en œuvre lors de l'analyse de l'inventaire de 2018 afin de peaufiner les estimations de certains paramètres de niveau 2. Cette amélioration a permis de créer une série chronologique qui reflète mieux les changements dans les méthodes de production du secteur des Bovins laitiers et a introduit une analyse des changements dans la nutrition des vaches laitières tenant compte de travaux de recherche canadiens et nord-américains plus récents (Ellis et al., 2007; Ellis et al., 2010; Sheppard et al., 2011a; Sheppard et al., 2011b; VanderZaag et al., 2013; Appuhamy et al., 2016; Chai et al., 2016; Jayasundara et al., 2016).

Les pratiques d'alimentation du bétail du secteur des bovins laitiers et de boucherie sont examinées en détail dans la section suivante.

Méthodes d'élevage et rendement du secteur des bovins laitiers

Les méthodes de production laitière ont varié dans tout le pays en raison de différences dans le prix des terres, le climat, la disponibilité de fourrage et l'accès aux marchés. Elles ont également changé considérablement entre 1990 et actuellement. Les pratiques prédominantes de gestion dans chaque province sont prises en compte par des paramètres spécifiques à chacune des provinces qui interviennent dans les équations de l'analyse de niveau 2 du GIEC pour les émissions découlant de la fermentation entérique et de la gestion des fumiers.

Le Tableau A3.4–3 présente un exemple de données sur le rendement de la production recueillies pour le secteur canadien des bovins laitiers, qui étaient d'abord utilisées pour assurer la qualité des données intégrées dans la méthode de niveau 2 au début de l'étude de Boadi et al. (2004a). Bien que les sous-catégories fondamentales établies par Boadi et al. (2004a) étaient exactes pour le milieu des années 2000, lorsque le modèle de niveau 2 a été rempli, il a été admis que certains paramètres de la production n'étaient pas statiques au fil du temps et que ces paramètres pouvaient avoir des répercussions sur tous les aspects des émissions du secteur. Depuis 1990, compte tenu de l'augmentation de la production laitière dans les troupeaux de vaches laitières, le régime alimentaire d'une vache laitière moyenne a également connu des changements, tant dans la quantité que dans la qualité des aliments consommés.

Aucune source de données nationale uniforme ne permet d'obtenir des données sur le lien entre la qualité de l'ensemble des aliments des vaches laitières et la production laitière et le rendement. Cependant, des ressources régionales et partielles existent, en particulier la base de données sur la qualité des aliments de Lactanet⁶ pour certaines régions de l'est du Canada et les études du coût de production⁷ pour le Québec et l'Ontario. Des statistiques uniformes sur la production laitière existent toutefois pour l'ensemble du pays. Des statistiques sur la production qui indiquent les proportions relatives de troupeaux de vaches laitières faisant partie des classes de productivité élevée, modérée et faible, et qui sont liées aux caractéristiques des troupeaux, comme la taille de l'exploitation agricole, sont recueillies, gérées et préparées pour l'inventaire par Lactanet.

Afin d'établir des paramètres qui font le lien entre la productivité et les méthodes de production, la base de données sur la qualité des aliments élaborée par Lactanet et qui est constituée de données sur les aliments recueillies et analysées pour plus de 2 000 troupeaux de vaches laitières au Québec et dans le Canada atlantique, a été utilisée comme modèle pour établir une matrice des régimes alimentaires des animaux qui pourrait être associée à des tailles précises d'exploitations

Tableau A3.4–3 **Caractéristiques typiques de la production laitière canadienne en 2001**

Catégorie d'animaux/paramètres	Caractéristiques de la production ^b	Sources ^c
Vaches laitières^a		
Poids moyen (kg)	634 (51)	Okine et Mathison (1991); Kononoff et al. (2000); Petit et al. (2001)
Poids à l'âge adulte (kg)	646 (55)	
Taux de conception (%)	59,2 (7,3)	
Veaux		
Poids à la naissance (kg)	41 (3,3)	
Poids moyen (kg)	186 (18,5)	
Poids à l'âge adulte (kg)	330,5 (37,6)	
Gain de poids quotidien (kg jour ⁻¹)	0,7 (0,3)	
Production de veaux de l'année ^d (%)	93 (6)	
Génisses de remplacement		
Poids moyen (kg)	461,6 (24,7)	
Poids de début, 1 an (kg)	327,8 (31,0)	
Poids à l'âge adulte au moment du vêlage (kg)	602,1 (45,9)	
Poids à l'âge adulte (kg)	646,1 (54,9)	
Gain de poids quotidien (kg jour ⁻¹)	0,77 (0,14)	
Taux de remplacement (%)	32,3 (3,2)	Western Canadian Dairy Herd Improvement Services (2002)
Notes :		
a. Les valeurs indiquées représentent des valeurs typiques observées au Canada, et non des moyennes pondérées en fonction des populations représentant quantitativement la production laitière canadienne, conformément au CUPR.		
b. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.		
c. Les valeurs sans référence ont été obtenues auprès d'experts (voir Boadi et al., 2004b).		
d. La « production de veaux de l'année » correspond au pourcentage de vaches ayant survécu à la saison hivernale qui ont produit un veau.		

6 <https://lactanet.ca/savoir-laitier/bibliotheque/>

7 <http://www.cdc-ccl.ca/fr/node/643>

agricoles et à des classes de productivité. La composition des aliments, leur digestibilité, leur teneur en protéine brute et certaines caractéristiques des troupeaux comme la durée de la lactation et le poids des bovins ont été regroupés en fonction de cinq catégories liées à la taille de l'exploitation agricole et de trois catégories liées à la classe de productivité. Les statistiques sur la composition des aliments nécessaires pour les calculs de niveau 2 ont été associées aux provinces en fonction des proportions de leurs populations d'animaux qui appartiennent à diverses catégories de taille d'exploitation agricole et classes de productivité. Comme les données utilisées dans cette analyse de Lactanet ont été recueillies entre 2000 et 2010, les données des études sur les coûts supplémentaires de production (CdP) ont été utilisées comme indicateur des changements au projet dans certaines composantes liées aux aliments, en particulier la proportion d'ensilage des aliments par rapport à la proportion de foin pendant la période 1990 à 1999.

Une série chronologique comprenant les moyennes annuelles provinciales pondérées quant à la digestibilité des aliments, à la durée de la lactation et à la teneur en protéine brute dans les aliments a été transférée dans la structure actuelle de l'approche de Boadi et al. (2004a). En outre, le poids des bovins laitiers des provinces a été modifié en fonction des mesures moyennes comprises dans la base de données de Lactanet pour chaque catégorie relative à la taille de l'exploitation agricole et à la classe de productivité. Le changement de pourcentage dans le poids des bovins a été utilisé comme indicateur des changements dans le poids corporel, le poids à l'âge adulte et le gain de poids à partir des valeurs de référence de 2001 établies par Boadi et al. (2004a). La série chronologique quant au poids des bovins laitiers qui en découle a également été intégrée à la méthodologie de niveau 2.

Données sur la production laitière et la matière grasse du lait

La productivité laitière a augmenté dans toutes les provinces canadiennes (Tableau A3.4–4), comme il a été documenté par Lactanet⁸, qui recueille un échantillon de la production laitière représentant plus du 2/3 de la population de vaches laitières au Canada pour la période 1999–2019, et qui compile et prépare les données aux fins d'utilisation dans l'inventaire. Ces données constituent la meilleure estimation de la production laitière réelle par vache moyenne et par province au Canada. Cependant, cet ensemble de données n'existe pas pour tout le Canada pour la période de 1990 à 1998. Les seules données disponibles pour cette période, pour l'ensemble du Canada, sont les données publiables déclarées par AAC. Ces données sont recueillies pour les animaux les plus productifs et la quantité de lait produite durant les 305 premiers jours de la période de lactation. La série chronologique sur la production laitière pour l'ensemble du troupeau canadien de 1990 à 1998 a été établie en fonction du rapport moyen entre les données publiables et les données de gestion de 1999 à 2007. Le coefficient d'émission calculé pour les vaches laitières reflète la tendance à la hausse de la production laitière.

Durée du séjour en milieu d'élevage

On a supposé que les vaches tarées durant les mois d'été étaient au pâturage, et que les vaches tarées durant le reste de l'année étaient confinées. De plus, on a supposé que les génisses de remplacement vèlaient à 24 mois. Les cycles de lactation étaient en moyenne de 320 jours; cependant, les cycles variaient selon les régions et sont fondés sur la productivité du troupeau.

Pourcentage de vaches en gestation

On a estimé le pourcentage de vaches en gestation dans le troupeau à tout moment dans Boadi et al. (2004a) en divisant la durée moyenne de la gestation par l'intervalle de vêlage moyen régional, et en soustrayant ensuite le nombre de vaches improductives éliminées annuellement du troupeau.

Digestibilité de l'alimentation (DA %)

La digestibilité de l'alimentation a été dérivée des données liées aux aliments tirées de la base de données de Lactanet et des études du coût de production. Les valeurs utilisées dans les calculs de niveau 2 sont des moyennes pondérées fondées sur la digestibilité mesurée de divers régimes alimentaires associés à une taille d'exploitation agricole et à une classe de productivité précises, qui ont été obtenues à l'aide des données recueillies par Lactanet. Pour les provinces qui ne sont pas directement représentées par les données de Lactanet, les valeurs de digestibilité ont été obtenues en multipliant la digestibilité par la proportion d'animaux dans chaque catégorie de taille d'exploitation agricole et de classe de productivité pour chaque province. La série chronologique de digestibilité de chaque province a par la suite été intégrée à l'approche de niveau 2 existante, remplaçant ainsi les valeurs fixes de Boadi et al. (2004a).

Depuis 1990, la proportion de foin dans l'alimentation a diminué, tandis que la proportion d'ensilage a augmenté. Habituellement, l'ensilage a une valeur nutritive plus élevée étant donné que la portion digestible de l'aliment est mieux préservée et, par conséquent, davantage d'éléments nutritifs peuvent être digérés par l'animal. De plus, il y a eu une petite augmentation globale dans la quantité de concentrés et de suppléments dans les régimes alimentaires. En général, la digestibilité varie de 69 % à 72 % pour les vaches en lactation, et de 63 % à 65 % pour les vaches tarées; il a été présumé que les génisses ont un régime alimentaire semblable à celui des vaches tarées.

⁸ canwestdhi.com/publications.htm

Tableau A3.4–4 **Production laitière moyenne de 1990 à 2021 par province**

Année	Production laitière moyenne (kg animal ⁻¹ jour ⁻¹)									
	NL	PE	NS	NB	QC	ON	MB	SK	AB	BC
1990	21,0	20,9	21,0	20,8	20,3	21,7	22,1	22,2	23,2	24,3
1995	23,1	23,1	23,2	23,0	22,2	24,0	24,2	24,2	25,5	26,8
2000	27,4	26,1	26,8	26,4	25,5	26,5	27,9	27,7	29,0	30,0
2005	27,0	27,1	26,9	26,4	25,9	26,7	27,4	29,3	29,3	30,4
2010	27,4	27,8	27,7	26,8	27,3	27,8	28,8	31,1	30,6	31,1
2011	27,9	28,5	28,3	27,0	27,4	28,0	28,3	30,1	30,2	30,7
2012	27,9	28,5	27,9	27,1	27,4	28,4	28,4	30,6	30,9	30,4
2013	29,6	29,7	29,1	28,5	28,7	30,2	30,7	32,0	32,8	32,7
2014	30,0	29,3	28,4	27,6	28,8	29,5	29,8	32,9	33,0	32,6
2015	30,3	29,4	28,9	27,3	28,7	30,1	30,6	33,1	34,2	33,0
2016	30,9	30,0	29,7	27,6	29,3	31,0	31,5	35,6	35,5	34,0
2017	30,5	31,3	30,8	28,4	29,8	31,3	31,5	35,0	34,6	32,2
2018	31,8	31,6	31,1	29,8	30,3	31,3	32,0	37,0	35,5	33,9
2019	34,9	33,1	32,0	30,2	31,2	32,5	33,2	36,4	35,7	34,3
2020	33,7	32,8	31,6	30,4	31,5	33,2	34,1	36,2	34,7	35,1
2021	34,5	34,0	32,9	31,2	31,9	34,6	34,0	36,5	35,7	35,4

Note :

Source des données : Lactanet (2022)

A3.4.1.1. Bovins non laitiers

Pratiques d'élevage et rendement

Les pratiques d'élevage pour les bovins non laitiers varient aussi d'une région à l'autre du pays selon le climat, le prix des terres et les différentes pratiques agricoles classiques. L'étude de Boadi et al. (2004a) décrit les pratiques prédominantes en 2001 dans chaque province en fonction du type d'animal, de l'état physiologique, de l'âge, du sexe, du taux de croissance, du niveau d'activité et du milieu d'élevage. Les valeurs présentées au Tableau A3.4–5 sont un exemple de données sur le rendement de la production recueillies pour les bovins de boucherie canadiens, d'abord utilisées pour vérifier l'AQ des données intégrées à la méthode de niveau 2.

Les tendances du poids des carcasses sont utilisées à titre d'indicateurs de variation du poids à l'âge adulte par rapport aux valeurs de référence établies pour l'année 2001 par Boadi et al. (2004a) pour les sous-catégories d'animaux précises présentées dans le Tableau A3.4–6. Les données sur le poids des carcasses sont recueillies par l'Agence canadienne de classement du bœuf (ACCB) et publiées par AAC (AAC, s.d. [b]). Le poids des carcasses a augmenté dans la période de 1990 à 2003 pour les vaches de boucherie, les génisses destinées à l'abattage, les bouvillons et les taureaux (Figure A3.4–2). Depuis 2003, le poids des carcasses des vaches de boucherie est resté plus ou moins inchangé, mais le poids des animaux destinés à l'abattage a continué d'augmenter jusqu'à récemment où il s'est stabilisé. En 2003, l'industrie canadienne des bovins de boucherie a été frappée par une épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine qui a conduit à une interruption des exportations de bœuf aux États-Unis. Après 2003, le poids des carcasses de taureaux abattus a donc augmenté par suite de l'élimination sélective de vieux taureaux. Pour établir une estimation plus représentative des troupeaux d'élevage, on a choisi d'utiliser le poids vif moyen des taureaux à la valeur de 2002. De 2009 à 2018, le poids d'abattage des taureaux a de nouveau été utilisé dans la série chronologique. On a observé que les poids des taureaux avaient considérablement diminué en 2013. Vérification faite, on a constaté que, généralement, le poids des taureaux tend à présenter une plus grande variabilité en raison du petit nombre abattu sur une base annuelle.

Tableau A3.4–5 **Caractéristiques typiques de la production bovine au Canada en 2001, selon diverses sources**

Catégorie d'animaux/paramètres	Caractéristiques de la production ^a	Sources ^b
Vaches de boucherie		
Poids moyen (kg)	603 (36)	Kopp et al. (2004)
Poids à l'âge adulte (kg)	619 (52)	AAFRD (2001)
Lait (kg jour ⁻¹)	7,3 (1,2)	Kopp et al. (2004)
Matières grasses du lait (%)	3,6 (0,6)	Kopp et al. (2004)
Taux de conception (%)	93,7 (1,3)	Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba (2000); AAFRD (2001)
Génisses de remplacement		
Poids moyen (kg)	478 (34)	
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg jour ⁻¹)	0,64 (0,14)	
Taux de remplacement (%)	14,4 (3,1)	Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba (2000)
Taureaux		
Poids des animaux d'un an (kg)	541 (18)	
Poids moyen (kg)	940 (98)	
Poids à l'âge adulte (kg)	951 (112)	
Gain de poids quotidien (kg jour ⁻¹)	1,0 (0,17)	
Veaux (y compris les veaux laitiers)		
Poids à la naissance (kg)	40 (3)	AAFRD (2001)
Poids moyen (kg)	258,4 (19,1)	Small et McCaughey (1999)
Âge au sevrage (jours)	215 (15)	
Gain de poids quotidien (kg jour⁻¹)		
- Génisses de remplacement	0,67 (0,13)	Kopp et al. (2004)
- Bovins semi-finis	0,98 (0,17)	
- Bovins destinés à l'abattage	1,37 (0,12)	
Production de veaux de l'année (%)	95 (2,3)	
Génisses et bouvillons de long engraissement		
Poids moyen (kg)	411 (47)	Kopp et al. (2004)
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg jour ⁻¹)	0,98 (0,16)	
Proportion d'animaux envoyés au parc d'engraissement (%)	65 (30)	
Animaux gardés au parc d'engraissement		
Poids moyen (kg)		
- Finition directe	540 (25)	
- Engraissement des animaux semi-finis	562 (64)	
Poids à l'âge adulte (kg)	630 (46)	
Poids au terme de l'engraissement (kg)	609 (28)	
Gain de poids quotidien (kg jour ⁻¹)	1,37 (0,12)	

Notes :

Les valeurs indiquées représentent des valeurs typiques observées au Canada, et non des moyennes pondérées en fonction des populations représentant quantitativement la production bovine canadienne, conformément au CUPR.

a. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.

b. Les valeurs sans référence ont été obtenues auprès d'experts et compilées par Boadi et al. (2004b).

Durée du séjour en milieu d'élevage

Il a également été présumé que les génisses de remplacement âgées de plus de 15 mois étaient soit fécondées, soit en gestation. Tous les animaux de remplacement (taureaux reproducteurs, jeunes et génisses de remplacement de plus de 12 mois) sont considérés comme entrant dans le troupeau de reproduction (taureaux reproducteurs en pleine maturité et vaches de boucherie) à l'âge de 24 mois. À l'âge de 12 mois, les génisses et les bouvillons destinés à l'abattage sont au parc d'engraissement ou gardés en semi-finition. Les animaux destinés à l'abattage font l'objet d'un court ou d'un long engraissement. Dans le cas du court engraissement, les animaux vont directement au parc d'engraissement et sont abattus après trois à quatre mois, alors que, dans le cas du long engraissement, les animaux sont habituellement gardés en semi-finition pendant six mois avant d'être envoyés au parc d'engraissement, où ils sont en finition pendant deux à quatre mois.

Figure A3.4–2 Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC

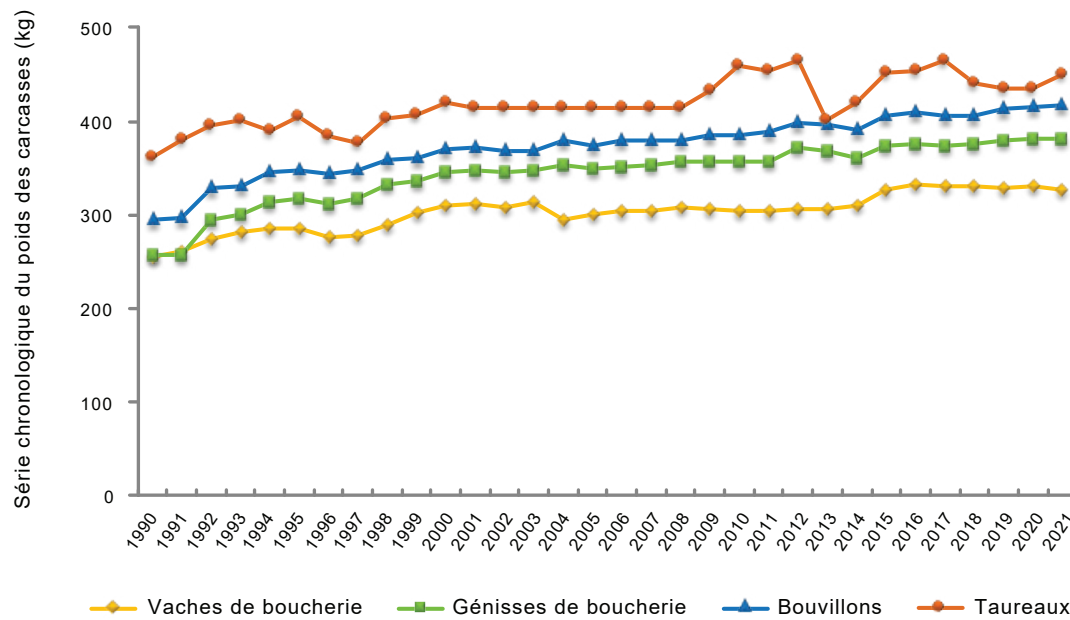


Tableau A3.4–6 Indicateurs de changement du poids vif en fonction du temps pour les sous-catégories de bovins

Sous-catégorie de bovin	Tendances du poids vif utilisées
Vaches de boucherie	Tendances du poids des carcasses de vaches de boucherie utilisées comme indicateur du poids vif
Génisses destinées à l'abattage	Tendances du poids des carcasses de génisses utilisées comme indicateur du poids vif
Génisses de boucherie	Tendances du poids des carcasses de génisses de boucherie utilisées comme indicateur du poids vif
Bouvillons	Tendances du poids des carcasses de bouvillons utilisées comme indicateur du poids vif
Taureaux	Tendances du poids des carcasses de taureaux utilisées comme indicateur du poids vif de 1990 à 2002; de 2003 à 2008, le poids vif est établi comme inchangé par rapport à 2002; de 2009 à aujourd'hui, les tendances du poids des carcasses sont de nouveau utilisées
Veaux	Aucun changement
Vaches laitières	Tendances provinciales de la production des vaches laitières utilisées, avec une moyenne des poids corporels par classe de productivité, comme indicateur du poids vif
Génisses laitières	Tendances du poids vif des vaches laitières utilisées comme indicateur du poids vif des génisses laitières

Digestibilité de l'alimentation (DA %)

Les valeurs de DA % calculées par Christensen et al. (1977) pour les fourrages des Prairies ont été utilisées afin d'estimer les valeurs de DA % correspondant à la Saskatchewan et au Manitoba. Les données fournies par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta et l'Université de l'Alberta (2003) ont été utilisées pour l'Alberta, et celles établies par le National Research Council des États-Unis (2001) ont servi à estimer les valeurs de DA % en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Est. Dans l'ensemble, la DA % variait de 60 % à 84 %, selon les rations et les régimes alimentaires.

On a posé l'hypothèse que les veaux avaient un rumen non fonctionnel, ou ne consommaient que de très faibles quantités de nourriture sèche de la naissance jusqu'à l'âge de deux ou trois mois. Par conséquent, les émissions de CH₄ attribuables à la fermentation entérique au cours des premiers mois ont été considérées comme nulles.

Exemples de variabilité régionale et désagrégation des paramètres

Les méthodes propres au pays auxquelles le Canada a recours pour estimer les émissions des bovins sont appliquées à différentes échelles spatiales et à diverses catégories, et pondérées à l'échelle nationale et selon les catégories du Cadre uniformisé de production de rapports (CUPR) pour les déclarations dans le RIN et le CUPR.

En raison de la variabilité dans les paramètres partout au pays, qui découle des différences dans les pratiques agricoles, les populations d'animaux d'élevage, les types de climat, les systèmes de culture, les caractéristiques des sols et d'autres facteurs, les estimations nationales du Canada présentées dans le CUPR sont les moyennes pondérées. Bon nombre des calculs sont effectués à un niveau désagrégué élevé. Les données sont traitées au moyen d'une série de bases de données relationnelles et de tableaux pouvant contenir plus de 10 millions de données. La présente section présente quelques exemples de paramètres propres aux bovins pour certaines années, régions et catégories de bovins dans le but d'améliorer la transparence des méthodes propres au pays pour les bovins. Un exemple de données sur les activités provinciales relatives aux animaux d'élevage obtenues de Statistique Canada est fourni dans le Tableau A3.4-7, pour les principaux animaux d'élevage et l'année d'inventaire la plus récente.

Pour calculer les émissions provenant de la fermentation entérique des bovins, les populations sont établies et maintenues à l'échelle spatiale provinciale. Cependant, les huit sous-catégories de bovins sont désagrégées dans les 38 sous-catégories de production énumérées au Tableau A3.4-2 conformément à la méthode indiquée à la section A3.4.2. L'EB se calcule comme décrit à l'Équation A3.4-2 pour chaque sous-catégorie de production (Tableau A3.4-8). La valeur de l'EB de chaque sous-catégorie de production est ensuite pondérée en fonction de la durée de chaque stade de production pour obtenir une valeur pondérée par sous-catégorie d'animaux d'élevage, laquelle est transformée en matière sèche ingérée (MSI) (Tableau A3.4-10) lors du calcul du coefficient d'émission dans l'Équation A3.4-4. Les coefficients d'émission provinciaux, les valeurs d'EB, les données sur la production de lait (Tableau A3.4-4), le poids des bovins (Tableau A3.4-9) et d'autres paramètres sont pondérés par la fraction que représente la population provinciale de la sous-catégorie par rapport à la population nationale, avant d'être additionnés pour obtenir les valeurs nationales rapportées dans les tableaux du CUPR pour les catégories des Bovins laitiers et des Bovins non laitiers.

Tableau A3.4-7 Populations provinciales d'animaux d'élevage par sous-catégorie, pour certains animaux d'élevage, en 2021

Catégorie	Sous-catégorie	Population (× 1000 animaux)									
		AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
Bovins	Vaches laitières	84	81	42	17	5,2	22	326	14	359	28
	Vaches de boucherie	1 636	197	419	11	0,7	15	231	7,9	128	1 099
	Taureaux	99	13	22	0,7	0,1	1,3	16	0,6	7,9	59
	Génisses laitières	41	38	20	6,9	1,8	9,1	153	6,4	133	11
	Génisses de boucherie	284	41	66	1,6	0,2	2,7	36	1,2	18	172
	Génisses destinées à l'abattage	496	19	39	1,6	0,2	2,2	123	4,8	21	83
	Bouvillons	837	27	65	2,5	0,2	2,5	272	7,6	52	145
	Veaux	1 690	184	370	15	2,4	17	429	17	313	860
Moutons et agneaux	Moutons	104	25	52	3,0	1,6	8,9	170	4,0	116	52
	Agneaux	76	22	40	2,8	1,6	7,0	119	5,3	81	42
Porcs	Truies	132	8,1	345	8,2	0,1	2,9	320	4,2	318	104
	Verrats	4,9	0,3	3,1	0,1	0,0	0,1	4,2	0,1	2,2	2,0
	Porcs (< 20 kg)	526	34	1 398	21	0,3	8	1 408	17	1 420	338
	Porcs (20-60 kg)	365	20	671	2,1	0,2	1	861	9,0	1 002	201
	Porcs (> 60 kg)	555	25	960	3,2	0,1	2	1 109	12	1 601	311
Volaille	Dindes	541	734	656	61	4,2	189	2 453	2,6	1 351	93
	Poules	2 286	3 378	2 194	488	345	780	10 120	151	3 814	1 223
	Poulettes	948	1 377	940	237	174	366	5 241	51	1 934	451
	Poulets à griller	10 565	16 899	3 662	2 053	1 643	3 112	35 858	276	29 275	4 604
Autres	Chèvres	34	17	7,4	0,5	0,1	1,8	148	0,3	32	12
	Buffles	65	14,9	12	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,7	53
	Chevaux	68	19	15	0,7	0,0	1,2	42	0,5	14	23
	Lamas et alpagas	2,8	1,7	0,4	0,1	0,0	0,1	4,2	0,1	1,8	1,3

Note :

Source : Voir le Tableau A3.4-1.

Tableau A3.4-8 Exemple de paramètres de l'équation pour calculer l'énergie brute par système de production, pour deux provinces, en 2021

Année	Province	Sous-catégorie	Sous-catégorie de production	EN _e	EN _a	EN _c	EN _i	EN _g	REE	REC	DA	EB
2021	QC	Vaches laitières	En lactation, confinées	48	0	2,0	100	2,9	0,53	0,34	71	409
			En lactation, au pâturage	0	0	0	100	0	0	0	0	0
			En lactation, confinées (après le pâturage)	0	0	0	100	0	0	0	0	0
			Taries, alimentation de faible qualité	40	0	2,0	0	2,4	0,51	0,30	64	139
			Taries, alimentation de grande qualité	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Taries, au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vaches de boucherie	En gestation, confinées	51	0	11	0	4,7	0,48	0,26	58	274
			En lactation, au pâturage	52	8,9	11	29	4,8	0,51	0,31	65	337
			En gestation, confinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En lactation, au pâturage	0	0	0	29	0	0	0	0	0
		Taureaux	Matures, confinés	75	0	0	0	0	0,48	0,26	58	269
			Matures, au pâturage	65	11	0	0	0	0,51	0,31	65	228
			Jeunes, confinés	50	0	14	0	0	0,48	0,26	58	272
			Jeunes, au pâturage	51	9	15	0	0	0,51	0,31	65	257
			Jeunes, confinés	69	0	18	0	0	0,48	0,26	58	370
		Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	32	0	14	0	1,9	0,51	0,30	64	177
			Au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées (365 j/an)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	36	0	15	0	0	0,48	0,26	58	226
			En début de gestation	36	6	17	0	3,3	0,51	0,31	65	220
			En fin de gestation	49	0	20	0	4,5	0,48	0,26	58	326
		Génisses destinées à l'abattage	En parc d'engraissement, courtes durées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En parc d'engraissement, longues durées	36	0	27	0	0	0,56	0,38	84	162
		Bouvillons	En parc d'engraissement, courtes durées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinés	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En parc d'engraissement, longues durées	37	0	23	0	0	0,56	0,38	84	151
		Veaux	Naissance au pâturage	8,2	0	3,9	0	0	0	0	0	0
			Au pâturage	16	2,7	8,5	0	0	0,51	0,31	65	97
			Génisses de remplacement	30	0	13	0	0	0,48	0,26	58	193
			Génisses semi-finies	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Bouvillons semi-finis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Génisses destinées à l'abattage	31	0	21	0	0	0,50	0,28	61	228
			Bouvillons destinés à l'abattage	31	0	18	0	0	0,50	0,28	61	209
	SK	Vaches laitières	En lactation, confinées	51	0	8,8	113	3,0	0,53	0,34	71	477
			En lactation, au pâturage	0	0	0	113	0	0	0	0	0
			En lactation, confinées (après le pâturage)	0	0	0	113	0	0	0	0	0
			Taries, alimentation de faible qualité	43	0	8,8	0	2,5	0,51	0,30	63	190
			Taries, alimentation de grande qualité	43	0	8,8	0	2,5	0,52	0,32	67	173
			Taries, au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vaches de boucherie	En gestation, confinées	57	0	3,2	0	5,3	0,49	0,27	59	232
			En lactation, au pâturage	49	8,3	3,2	19	4,6	0,51	0,31	65	257
			En gestation, confinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En lactation, au pâturage	0	0	0	19	0	0	0	0	0
		Taureaux	Matures, confinés	95	0	0	0	0	0,49	0,27	58	332
			Matures, au pâturage	70	12	0	0	0	0,51	0,31	65	245
			Jeunes, confinés	61	0	13	0	0	0,49	0,27	58	299
			Jeunes, au pâturage	56	9,4	15	0	0	0,51	0,31	65	271
			Jeunes, confinés	88	0	17	0	0	0,49	0,27	58	419
		Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	31	0	13	0	1,8	0,50	0,29	62	180
			Au pâturage	31	5,3	13	0	1,8	0,53	0,34	71	157
			Confinées (365 j/an)	31	0	13	0	1,8	0,50	0,29	62	180
		Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	32	0	7,0	0	0	0,49	0,27	59	154
			En début de gestation	29	5,0	7,8	0	2,7	0,51	0,31	65	149
			En fin de gestation	48	0	8,9	0	4,5	0,49	0,27	59	233
		Génisses destinées à l'abattage	En parc d'engraissement, courtes durées	39	0	35	0	0	0,55	0,36	79	211
			En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées	33	0	20	0	0	0,53	0,33	69	180
			Au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En parc d'engraissement, longues durées	38	0	34	0	0	0,55	0,36	79	207
		Bouvillons	En parc d'engraissement, courtes durées	39	0	30	0	0	0,55	0,36	79	194
			En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Confinées	33	0	17	0	0	0,53	0,33	69	168
			Au pâturage	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			En parc d'engraissement, longues durées	38	0	29	0	0	0,55	0,36	79	190
		Veaux	Naissance au pâturage	10	0	4,3	0	0	0	0	0	0
			Au pâturage	16	2,6	9,1	0	0	0,51	0,31	65	100
			Génisses de remplacement	33	0	6,4	0	0	0,49	0,27	59	152
			Génisses semi-finies	36	0	17	0	0	0,53	0,33	69	176
			Bouvillons semi-finis	36	0	14	0	0	0,53	0,33	69	164
			Génisses destinées à l'abattage	39	0	26	0	0	0,55	0,36	79	182
			Bouvillons destinés à l'abattage	39	0	22	0	0	0,55	0,36	79	168

Note : Des descriptions détaillées de chaque paramètre figurant dans ce tableau (EN_e, EN_a, EN_c, EN_i, EN_g, REE, REC, DA et EB) se trouvent dans le volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC, à la section 10.2.2 du chapitre 10, et servent à l'équation 10.16.

Tableau A3.4–9 Exemple de série chronologique du poids des bovins par système de production, pour deux provinces, certaines années

Province	Sous-catégorie	Stade de production	Poids corporel (kg)			Poids à maturité (kg)		
			1990	2005	2020	1990	2005	2020
QC	Vaches laitières	En lactation, confinées	613	616	615	635	638	637
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En lactation, confinées (après le pâturage)	0	0	0	0	0	0
		Taries, alimentation de faible qualité	613	616	615	635	638	637
		Taries, alimentation de grande qualité	0	0	0	0	0	0
		Taries, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Vaches de boucherie	En gestation, confinée	540	634	692	540	634	692
		En lactation, au pâturage	540	634	692	540	634	692
		En gestation, confinée	0	0	0	0	0	0
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Taureaux	Matures, confinés	790	906	985	790	906	985
		Matures, au pâturage	790	906	985	790	906	985
		Jeunes, confinés	481	552	600	790	906	985
		Jeunes, au pâturage	576	661	719	790	906	985
		Jeunes, confinés	711	816	888	790	906	985
	Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	456	458	458	635	638	637
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		Confinées (365 j/an)	0	0	0	0	0	0
	Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	349	410	448	540	634	692
		En début de gestation	420	492	538	540	634	692
		En fin de gestation	520	610	666	540	634	692
	Génisses destinées à l'abattage	En parc d'engraissement, courtes durées	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinées	0	0	0	0	0	0
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	363	493	539	485	659	720
	Bouvillons	En parc d'engraissement, courtes durées	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinés	0	0	0	0	0	0
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	391	496	551	522	662	737
	Veaux	Naissance au pâturage	63	63	63	658	658	658
		Au pâturage	178	178	178	658	658	658
		Génisses de remplacement	331	331	331	658	658	658
		Génisses semi-finies	0	0	0	0	0	0
		Bouvillons semi-finis	0	0	0	0	0	0
		Génisses destinées à l'abattage	360	360	360	658	658	658
		Bouvillons destinés à l'abattage	360	360	360	658	658	658
SK	Vaches laitières	En lactation, confinées	666	678	678	738	751	751
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En lactation, confinées (après le pâturage)	0	0	0	0	0	0
		Taries, alimentation de faible qualité	666	678	678	738	751	751
		Taries, alimentation de grande qualité	666	678	678	738	751	751
		Taries, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Vaches de boucherie	En gestation, confinées	494	579	633	494	579	633
		En lactation, au pâturage	494	579	633	494	579	633
		En gestation, confinées	0	0	0	0	0	0
		En lactation, au pâturage	0	0	0	0	0	0
	Taureaux	Matures, confinés	869	997	1084	869	997	1084
		Matures, au pâturage	869	997	1084	869	997	1084
		Jeunes, confinés	514	589	641	869	997	1084
		Jeunes, au pâturage	640	734	798	869	997	1084
		Jeunes, confinés	759	871	947	869	997	1084
	Génisses laitières	Confinées (243 j/an)	441	448	448	738	751	751
		Au pâturage	441	448	448	738	751	751
		Confinées (365 j/an)	441	448	448	738	751	751
	Génisses de boucherie	Jeunes, non en gestation	277	325	355	494	579	633
		En début de gestation	317	372	406	494	579	633
		En fin de gestation	379	444	485	494	579	633
	Génisses destinées à l'abattage	En parc d'engraissement, courtes durées	397	540	589	443	603	658
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinées	318	433	473	443	603	658
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	385	524	572	443	603	658
	Bouvillons	En parc d'engraissement, courtes durées	427	542	603	477	605	674
		En parc d'engraissement de courte durée ou longue durée	0	0	0	0	0	0
		Confinés	343	435	484	477	605	674
		Au pâturage	0	0	0	0	0	0
		En parc d'engraissement, longues durées	415	526	585	477	605	674
	Veaux	Naissance au pâturage	65	65	65	601	601	601
		Au pâturage	176	176	176	601	601	601
		Génisses de remplacement	296	296	296	601	601	601
		Génisses semi-finies	339	339	339	601	601	601
		Bouvillons semi-finis	339	339	339	601	601	601
		Génisses destinées à l'abattage	371	371	371	601	601	601
		Bouvillons destinés à l'abattage	371	371	371	601	601	601

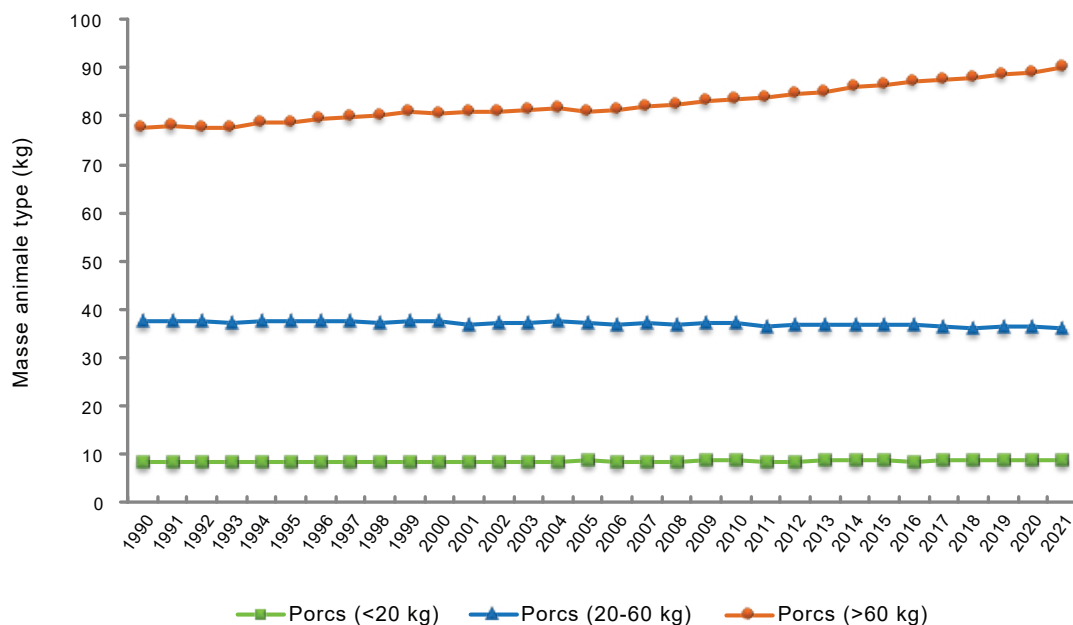
Pour le calcul des émissions de N_2O provenant du fumier de bovins, les huit sous-catégories de bovins énumérées dans le Tableau A3.4–7 sont conservées. Cependant, l'échelle spatiale des données sur les activités a été étendue, passant de 10 provinces à 405 écodistricts distincts, chaque écodistrict étant ensuite divisé en 22 types de gestion des fumiers par catégorie d'animaux pour donner la valeur estimative des émissions de N_2O provenant de la gestion des fumiers. Le N provenant de l'entreposage des fumiers, ainsi que d'autres sources de N, est appliqué sur l'ensemble des 32 types de cultures et associé à huit coefficients d'émission de N_2O du sol par écodistrict afin d'estimer les émissions directes de N_2O provenant de l'épandage de fumier sur les terres.

A3.4.1.2. Porcs

Rendement de la production

Les tendances affichées par le poids des carcasses sont utilisées à titre d'indicateurs de variation du poids à l'âge adulte. Les données sur le poids des carcasses sont recueillies et publiées par Statistique Canada dans le cadre de l'enquête trimestrielle sur les recettes monétaires agricoles (Statistique Canada, s.d. [b]). Le poids moyen des carcasses parées et réfrigérées est converti en poids vif à l'aide des coefficients de conversion correspondants (AAC, 2018). Depuis 1990, le poids des carcasses de porcs a augmenté constamment, de 77 kg à 100 kg (+32 %), par suite d'un changement dans les pratiques d'élevage et la génétique. La relation entre le poids vif et le gain de poids quotidien moyen, ainsi que les changements dans le gain de poids quotidien moyen au fil du temps par catégorie de poids des animaux, a été établie en fonction de données du Prairie Swine Research Centre et combinée à la série chronologique du poids à l'âge adulte afin d'établir une série chronologique de la masse animale type des porcs de marché. La masse animale type des porcs de marché varie selon la catégorie de poids (Figure A3.4–3) en fonction des taux de croissance accrus et, dans le cas de la catégorie de poids supérieure, d'une augmentation dans le poids des carcasses depuis 1990. La masse animale des individus reproducteurs a été maintenue constante à l'aide de la valeur par défaut du GIEC.

Figure A3.4–3 Masse animale type des porcs, par catégorie de poids



A3.4.2. Émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique

Les rejets de CH_4 attribuables au processus de fermentation entérique sont calculés à l'aide de l'Équation A3.4–1 pour toutes les catégories d'animaux d'élevage au Canada. Les émissions de CH_4 déclarées pour la Fermentation entérique chez les bovins sont estimées à l'aide de coefficients d'émission spécifiques au pays tirés des équations de niveau 2 du GIEC (2006) (Tableau A3.4–11). Pour les autres catégories d'animaux, on utilise l'analyse de niveau 1 du GIEC et des coefficients d'émission par défaut (voir l'Annexe 6).

Équation A3.4–1

$$CH_{4FE} = \sum_T (N_T \times CE_{(FE)T})$$

CH_{4FE}	=	émissions de CH_4 résultant du processus de fermentation entérique pour toutes les catégories animales
N_T	=	population pour la T ^e catégorie ou sous-catégorie animale par province
$CE_{(FE)T}$	=	coefficient d'émission pour la T ^e catégorie ou sous-catégorie animale (Tableau A3.4–11 pour les bovins; pour les autres catégories d'animaux, voir l'Annexe 6)

A3.4.2.1. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la fermentation entérique pour les bovins

Les coefficients d'émission ont été établis à l'échelle provinciale à l'aide d'équations de niveau 2 du GIEC (2006) pour différentes sous-catégories de bovins (vaches laitières, génisses laitières, vaches de boucherie, génisses de boucherie, taureaux, veaux, génisses de remplacement, génisses et bouvillons de plus d'un an) en prenant pour base des étapes de production différentes. Pour estimer la fermentation à l'aide des équations de niveau 2, il faut faire une approximation de l'EB consommée en se servant de l'Équation A3.4–2.

Équation A3.4–2

$$EB = \left[\left[\frac{(EN_e + EN_a + EN_l + EN_g)}{(REE)} \right] + \left[\frac{EN_c}{(REC)} \right] \right] / \left[\frac{DA \%}{100} \right]$$

EB	=	énergie brute, MJ jour ⁻¹
EN_e	=	énergie nette requise pour l'entretien, MJ jour ⁻¹
EN_a	=	énergie nette requise pour les activités, MJ jour ⁻¹
EN_l	=	énergie nette requise pour la lactation, MJ jour ⁻¹
EN_g	=	énergie nette requise pour la gestation, MJ jour ⁻¹
REE	=	rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime d'entretien et l'énergie digestible consommée
EN_c	=	énergie nette nécessaire à la croissance, MJ jour ⁻¹
REC	=	rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime de croissance et l'énergie digestible consommée
$DA \%$	=	digestibilité d'une ration, %

Toutes les estimations d'énergie nette sont appliquées conformément aux équations fournies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006). En raison du climat canadien, l'équation 10.2 des Lignes directrices (Équation A3.4–3) a été établie pour les bovins non laitiers.

Équation A3.4–3

$$Cf_i (\text{froid}) = Cf_i + 0.0048 \times (20 - T \text{ } ^\circ\text{C})$$

Cf_i	=	coefficient qui varie pour chaque catégorie d'animaux mettant en rapport le poids et les besoins énergétiques requis pour la survie, MJ jour ⁻¹ kg ⁻¹
$T \text{ } ^\circ\text{C}$	=	température quotidienne moyenne pendant l'hiver

La valeur Cf_i ajustée pour le froid a été calculée à partir de la température moyenne de la période octobre-avril pour chaque province canadienne, pondérée selon l'emplacement géographique des types de bovins non laitiers (répartis à l'échelle des écodistricts) dans la province. Elle a ensuite été corrigée d'après le pourcentage d'animaux hébergés dans des étables pour différentes provinces, selon Sheppard et Bittman (2012), puis a été appliquée à toutes les étapes de production qui surviennent durant les mois d'hiver. Les étapes de production qui surviennent en hiver et en été, spécialement les étapes de finition des bouvillons et des génisses destinées à l'abattage, étaient des moyennes du Cf_i par défaut et du Cf_i ajusté pour le froid. Comme suite à l'application de cette valeur, compte tenu des différentes étapes de production, les valeurs annuelles moyennes de Cf_i variaient entre 0,43 pour les vaches non laitières au Manitoba (la province la plus froide) et 0,37 pour les vaches non

laitières de l'Ontario et de certaines des provinces maritimes. Selon une pondération des étapes de production, le C_f serait typiquement de 0,35, sans égard à l'effet de température. Le C_f moindre enregistré dans l'Est du Canada est principalement imputable aux températures plus douces, mais également à la pratique consistant à héberger les animaux dans des étables durant l'hiver, alors que dans l'Ouest du Canada le bétail est généralement gardé à l'extérieur. Par conséquent, l'effet du froid sur l'énergie nette nécessaire à la survie se manifeste surtout dans l'Ouest du Canada.

Différents profils de consommation sont nécessaires à différentes étapes de production pour obtenir l'énergie nécessaire aux conditions environnementales et aux produits animaux précis et, par conséquent, ces étapes correspondent à des valeurs d'EB différentes. Les émissions reportées sous Bovins laitiers, par exemple, ont été estimées pour deux catégories de production – les vaches tarées et les vaches en lactation. Les vaches en lactation ont un taux de consommation (EB) élevé pour assurer la production laitière. Les vaches tarées peuvent aussi être confinées ou gardées en pâturages, ce qui modifie aussi l'apport énergétique dont elles ont besoin.

Le temps total passé par un animal pendant une étape de production donnée peut aussi varier; on a donc calculé une moyenne pondérée du coefficient d'émission. Au nombre des critères de pondération figuraient la durée de séjour dans la catégorie visée et le pourcentage de population à chaque étape de production. De plus, certains calculs d'énergie nette peuvent être modifiés selon un facteur qui tient compte du temps, pendant une étape de production, au cours de laquelle l'énergie est fournie.

Un coefficient d'émission ($CE_{[FE]}$) est calculé pour chaque province à l'aide de l'Équation A3.4–4. Les coefficients d'émission provinciaux ont été pondérés en fonction de la proportion de la population provinciale d'animaux par rapport à la population nationale afin d'établir un coefficient d'émission national pour chaque sous-catégorie, et ce, pour chaque année de la série chronologique (Tableau A3.4–11). Dans le cas des coefficients d'émission des bovins non laitiers, le taux de conversion du méthane (Y_m) par défaut de 6,5 % du GIEC a été utilisé pour calculer les coefficients d'émissions de bovins ne se trouvant pas dans un parc d'engraissement et la valeur de 3 % a été utilisée pour les animaux se trouvant dans un parc d'engraissement.

Le facteur Y_m pour les vaches laitières est dérivé directement des données sur la production et des équations de prévision du CH_4 empirique établies à partir de recherches nord-américaines. En bref, la matrice de la taille de l'exploitation agricole en fonction de la productivité utilisée pour dériver la digestibilité des rations a également été utilisée pour fournir des caractéristiques nutritives détaillées comme la fibre soluble dans un détergent neutre, la teneur en matière grasse et la teneur en glucides ne provenant pas de fibres. Ces caractéristiques des aliments, des troupeaux et de la production divisée selon la taille de l'exploitation agricole et la classe de productivité ont été insérées dans 12 équations de prévision du méthane compilées à partir de trois publications scientifiques (Ellis et al., 2007; Ellis et al., 2010; Appuhamy et al., 2016). L'EB de chaque classe de production et de taille d'exploitation agricole a été calculée selon l'Équation A3.4–2 en fonction des caractéristiques propres au troupeau. Enfin, les taux de conversion du méthane (Y_m) ont été rétrocalculés à l'aide des émissions de méthane prévues et de la consommation d'EB calculée.

Tableau A3.4–10 Matière sèche ingérée par sous-catégorie de bovins, certaines années, de 1990 à 2021, estimée en fonction de l'apport énergétique brut

Année	MSI (kg MS animal ⁻¹ jour ⁻¹)							Bouillons ^a	Veaux
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage ^a			
1990	17	10	14	13	10	10		9	6
1995	17	10	15	14	11	11		10	7
2000	18	10	15	15	11	11		10	7
2005	18	10	15	15	11	11		10	7
2010	19	10	16	15	11	11		10	7
2015	20	10	16	15	12	12		11	7
2016	20	10	16	15	12	12		11	7
2017	20	10	17	15	12	12		11	7
2018	20	10	16	15	12	12		11	7
2019	21	10	16	15	12	12		11	7
2020	21	10	16	15	12	12		11	7
2021	21	10	16	15	12	12		11	7

Note :

a. Valeurs exprimées en kg animal⁻¹ jour⁻¹; toutefois, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

Tableau A3.4–11 Coefficients d'émission de CH₄ pour la fermentation entérique des bovins, certaines années, de 1990 à 2021

Année	CE _{(FE)T} (kg CH ₄ animal ⁻¹ an ⁻¹) ^a							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage ^b	Bouvillons ^b	Veaux
1990	115,4	79,4	108,0	105,9	82,5	44,7	41,4	43,8
1995	119,1	78,6	117,2	112,1	85,9	48,8	43,6	43,8
2000	125,4	78,0	121,0	117,5	89,4	53,0	47,8	43,8
2005	125,0	77,2	119,9	114,4	87,0	52,8	46,0	43,6
2010	128,6	76,8	128,5	115,2	87,8	52,8	47,0	43,7
2015	135,2	76,7	127,5	120,0	90,7	53,8	48,8	43,8
2016	137,5	76,7	128,0	121,3	91,6	53,9	48,8	43,8
2017	138,1	76,7	130,2	120,9	91,4	53,7	48,4	43,8
2018	139,6	76,7	125,5	120,6	91,4	54,0	48,7	43,9
2019	142,1	76,7	124,2	120,4	91,2	54,2	49,3	43,8
2020	142,9	76,7	124,2	120,5	91,3	54,2	49,6	43,9
2021	145,3	76,7	127,6	120,0	90,9	54,2	49,7	43,9

Notes :

a. Les coefficients d'émissions entériques sont dérivés de Boadi et al. (2004b), et modifiées afin de prendre en compte les tendances de la production laitière des vaches laitières et des poids de carcasses pour plusieurs catégories de bovins de boucherie.

b. Valeurs exprimées en kg animal⁻¹ an⁻¹; par contre, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

Un Y_m moyen par classe de productivité et taille d'exploitation agricole a été calculé en fonction des résultats de 12 équations prédictives. Cette valeur a par la suite été pondérée pour chaque province en fonction de la ventilation proportionnelle de la population d'animaux dans la classe de productivité et de taille d'exploitation agricole de la même façon qui a été utilisée pour dériver la valeur de digestibilité de chaque province. Le Y_m dérivé variait de 5,9 % pour les classes de productivité les plus faibles à 5,4 % pour la classe de productivité la plus élevée. Les valeurs de Y_m pondérées des provinces variaient de 5,5 % à 5,7 %.

La MSI est basée sur l'approche de production bovine et calculée à l'échelle provinciale en fonction des tendances régionales et des étapes saisonnières de la production. La MSI nationale pondérée (Tableau A3.4–10) pour les vaches laitières a augmenté de 24 % depuis 1990 en réponse à l'augmentation de la production laitière par vache (Tableau A3.4–4), tandis que la MSI pour les génisses laitières a diminué de 3 % au cours de cette période en raison de l'augmentation de la digestibilité des aliments résultant des modifications de la composition des rations. Pour les bovins de boucherie, la MSI est déterminée par l'évolution du poids des carcasses (Figure A3.4–2).

Équation A3.4–4

$$CE_{(FE)T} = \sum_T \left[\frac{EB_P \times Y_{mP} \times 365}{55,65} \times TP_P \right]$$

CE_{(FE)T} = coefficient d'émission annuel pour la population T, kg animal⁻¹ an⁻¹

EB_P = énergie brute pour une étape de production donnée P, MJ jour⁻¹

Y_{mP} = taux de conversion du méthane, ou taux auquel la fraction d'énergie brute est convertie en méthane par un animal de la population ciblée T, m³ kg⁻¹

55,65 = contenu énergétique du méthane, MJ kg⁻¹ CH₄

TP_P = période dans une étape de production P, jours an⁻¹

A3.4.2.2. Vérification du choix de paramètres compte tenu de travaux de recherche canadiens

En 2011, on a mené un processus d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) de niveau 2 sur la catégorie de la Fermentation entérique (MacDonald et Liang, 2011). Dans le cadre de cette analyse, on a examiné et compilé les études canadiennes sur les émissions de méthane issues du processus de fermentation entérique. Par la suite, les résultats ont été évalués à la lumière de l'application des Lignes directrices 2006 du GIEC.

La recherche de 2011 à des fins d'analyse qui permet de mesurer les processus de fermentation entérique au Canada indique que la moyenne des taux de conversion du méthane mesurés (Y_m) est de 6,6 % ($\pm 2,4$) de l'EB pour les bovins non laitiers à l'extérieur des parcs d'engraissement, de 3,2 % ($\pm 1,9$) de l'EB pour les types de bovins non laitiers dans les parcs d'engraissement et de 5,7 % ($\pm 0,9$) pour les bovins laitiers (McCaughy et al., 1997 et 1999; Boadi et Wittenberg, 2002; Boadi et al., 2002 et 2004b; McGinn et al., 2004, 2008 et 2009; Beauchemin et McGinn, 2005 et 2006; Chaves et al., 2006; Kebreab et al., 2006; Ominski et al., 2006; Odongo et al., 2007; Eugène et al., 2008; Van Haarlem et al., 2008; Beauchemin et al., 2009; Ellis et al., 2010; Javasundara et al., 2016). Dans le cas de la catégorie des Bovins non laitiers, ces valeurs sont conformes en général aux valeurs publiées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC. D'après des travaux récents réalisés par Escobar Bahamondes et al. (2017), il est possible de distinguer davantage les facteurs Y_m par sous-catégorie de production, ce qui aiderait à améliorer l'exactitude des estimations d'émissions. Au cours de la même compilation d'études, on a observé que le coefficient d'émission pour les bovins non laitiers est de 57 kg (± 22) de CH_4 animal⁻¹ année⁻¹, à l'extérieur des parcs d'engraissement, et de 56 kg (± 24) de CH_4 animal⁻¹ année⁻¹, dans les parcs d'engraissement, et que la moyenne des coefficients d'émission mesurés pour la catégorie des Bovins laitiers est de 130 kg (± 34) de CH_4 animal⁻¹ année⁻¹.

Il faut toutefois être prudent lorsqu'on interprète ces valeurs, car cet ensemble de données ne comprenait pas les animaux dans des conditions de froid et parce que la majorité des études portent principalement sur les génisses et les bouvillons d'un an et la moyenne ne tient pas compte de l'importance relative des différentes sous-catégories de bovins en ce qui concerne le coefficient d'émission moyen. Néanmoins, les valeurs de coefficient d'émission sont, de façon générale, conformes aux coefficients d'émission utilisés au Canada pour la catégorie des Bovins non laitiers (soit de 60 à 70 kg CH_4 animal⁻¹ année⁻¹), et la catégorie des Bovins laitiers (soit de 115 à 137 kg CH_4 animal⁻¹ année⁻¹). Une récente publication de Jayasundara et al. (2016) compilait les données tirées de 11 études et a permis de constater que les facteurs Y_m pour les bovins laitiers au Canada étaient en moyenne de 5,7 % ($\pm 0,9$). Dans l'approche actuellement utilisée pour les bovins au Canada, Y_m pour les vaches laitières varient au fil du temps et par province, étant en moyenne de 5,5 % à 5,7 % d'EB, tandis qu'un Y_m fixe de 6,5 % est utilisé pour les vaches laitières taries et les génisses laitières.

Compte tenu des connaissances actuelles, l'examen des études canadiennes n'a permis d'identifier aucun biais évident. Il semble qu'un biais introduit par l'utilisation de valeurs Y_m tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC est compensé par l'estimation d'EB pour des sous-catégories d'animaux précises.

Des chercheurs canadiens ont participé à des travaux poussés d'examen et de validation de la méthode de fermentation entérique de niveau 2 du GIEC, comparant les émissions mesurées et celles observées, compte tenu des données canadiennes. En général, l'analyse du modèle indique que la méthode de niveau 2 du GIEC tend à sous-estimer les émissions d'animaux produisant des émissions élevées et à surestimer celles d'animaux produisant des émissions faibles (Ellis et al., 2007, 2009 et 2010).

Des améliorations à la méthodologie utilisée pour les bovins laitiers dans le rapport d'inventaire national (RIN) de 2018, en particulier en utilisant le Y_m dérivé directement des rapports empiriques tirés des études nord-américaines, certifient que les taux d'émissions sont cohérents avec les mesures récentes des émissions de CH_4 , ce qui améliore grandement l'exactitude des estimations d'émissions. Des approches similaires permettraient d'améliorer considérablement les estimations découlant de la catégorie des Bovins non laitiers; mais, les données sont toujours en cours de compilation afin de réaliser ces études. En général, il serait difficile d'améliorer les estimations canadiennes par la mise à jour de paramètres uniques. Pour améliorer l'approche actuelle, il faudrait avoir recours à une approche exhaustive qui établit de manière efficace des liens entre les caractéristiques de la production animale régionale et la productivité animale, comme il a été fait dans la catégorie des Bovins laitiers.

A3.4.2.3. Coefficients d'émission de CH_4 pour la fermentation entérique des animaux autres que les bovins

Pour les catégories d'animaux autres que les bovins, les émissions ont été calculées à l'aide des coefficients d'émission de niveau 1 du GIEC (voir Annexe 6). Lorsque les coefficients d'émission par défaut ne sont pas disponibles pour les catégories mineures de bétail, des variables substitutives logiques sont utilisées pour estimer les émissions. Les coefficients d'émission propres aux porcs sont utilisés pour les sangliers, tandis que les coefficients d'émission propres aux moutons sont utilisés pour les lamas et les alpagas. Ces variables substitutives sont fondées sur les similitudes des espèces ainsi que sur les similitudes des pratiques d'élevage. Les émissions provenant des lamas et des alpagas sont combinées, car celles des populations distinctes ne sont pas disponibles et il n'y a aucun rapport de ces animaux dans les statistiques canadiennes.

A3.4.2.4. Incertitude

Une analyse d'incertitude basée sur une étude récente (Karimi-Zindashty et al., 2012) a été menée pour toutes les méthodes ayant servi à calculer les émissions de méthane provenant des animaux d'élevage pour l'année 2010. Les plages d'incertitude (en pourcentage) des moyennes ont été exécutées de nouveau pour la présentation du RIN de 2014 et n'ont pas été exécutées de nouveau depuis. Dans le cadre de l'analyse, une représentation stochastique de l'approche de quantification des émissions de CH₄ provenant des animaux d'élevage a été constituée dans Mathematica®, et une simulation de Monte-Carlo a été réalisée selon la méthode proposée dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Cette analyse s'est appuyée sur l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012); cependant, le modèle stochastique d'Environnement Canada (MSEC) conçu dans Mathematica® 1) appliquait exactement les mêmes paramètres et équations que ceux utilisés dans la méthodologie de l'inventaire canadien, selon les recommandations du GIEC (2000); 2) tenait également compte de l'incertitude associée aux populations et à la durée des étapes de production ayant une incidence sur les coefficients d'émission des sous-catégories (Tableau A3.4-12); et 3) utilisait la distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers avec des estimations améliorées des distributions de probabilité (Tableau A3.4-12). Le MSEC a été exécuté pour les années 1990, 2005, 2010 et 2012. Une analyse de la tendance a été réalisée pour déterminer l'incertitude liée à l'estimation des différences des émissions de 1990 à 2012. Les incertitudes relatives tirées de l'analyse précédente ont été appliquées aux valeurs de l'année en cours. Toutefois, une analyse d'incertitude de la méthode révisée relative aux bovins laitiers n'a pas encore été réalisée et les estimations d'incertitude déclarées sont fondées sur la méthode de Boadi et al. (2004a).

Actuellement, les données requises pour générer des distributions de probabilité des coefficients utilisés dans la méthode agricole de niveau 2 du GIEC n'existent tout simplement pas. Certains des coefficients par défaut des équations de niveau 2 sont assortis d'une plage d'incertitude, qui est souvent estimée par des experts; d'autres coefficients sont assortis de plages tirées de quelques études, reposant souvent sur des méthodes qui ne sont pas aisément comparables. En général, l'analyse de Rypdal et Winiwarter (2001) s'applique à l'ensemble de l'approche d'estimation des émissions agricoles, et l'on peut comprendre que d'importantes distributions de probabilité sont associées aux coefficients par défaut de niveau 2 en raison du manque de mesures appropriées entraînant des généralisations, des incertitudes concernant les mesures ainsi que de la mauvaise compréhension des processus relatifs aux émissions. Cette analyse initiale des incertitudes est fondée sur un principe de précaution : dans le cas des coefficients pour lesquels on possédait très peu d'information, les limites d'incertitude ont été établies avec prudence.

Les incertitudes concernant les populations des catégories clés d'animaux, c'est-à-dire bovins, porcs et moutons, ont été fournies directement par Statistique Canada, et sont tirées des statistiques d'enquêtes semestrielles et trimestrielles. Pour les petites provinces où on compte peu d'animaux dans certaines catégories, la variance de l'échantillon est importante, comme l'indiquent les valeurs d'incertitude supérieures à ± 50 %. Cependant, comme les données ont été recueillies selon un plan d'échantillonnage proportionnel aux distributions des populations, l'incertitude globale liée aux catégories clés d'animaux était faible à l'échelle nationale. Les populations pour le type bovins non laitiers à l'échelle nationale sont celles qui présentent l'incertitude la plus faible ($\pm 1,8$ % de la moyenne), tandis que l'incertitude est légèrement plus élevée pour les populations de porcs ($\pm 2,6$ % de la moyenne), de bovins laitiers ($\pm 5,4$ % de la moyenne) et de moutons ($\pm 6,0$ % de la moyenne).

Toutes les estimations concernant les populations des autres catégories d'animaux sont renouvelées uniquement à l'aide du Recensement de l'agriculture (RDA). Une procédure a été élaborée pour tenir compte de l'estimation de l'augmentation de l'incertitude en fonction du temps écoulé depuis le recensement. Une analyse de régression linéaire a été effectuée pour les estimations de populations des années de recensement pour les années 1991, 1996, 2001, 2006 et 2011. Les incertitudes associées aux populations pour 2012 ont été estimées en fonction de l'incertitude liée au RDA à l'échelle provinciale, plus l'intervalle de confiance de 95 % associé à la régression linéaire, multipliées par le nombre d'années écoulées (une) depuis le dernier recensement. En raison du récent RDA, les incertitudes liées aux populations des autres animaux dans l'analyse de 2012 avaient tendance à être plus faibles que celles associées aux années 2010 et 2011, comme pour les animaux dont les estimations des populations ont été tirées d'enquêtes semestrielles et trimestrielles, mais cela a eu peu d'incidence sur l'incertitude totale. Les incertitudes liées aux populations d'autres catégories d'animaux à l'échelle nationale ont varié de ± 2 % de la moyenne pour les volailles à ± 4 % de la moyenne pour les bisons; la contribution de ces catégories d'animaux aux émissions totales est toutefois faible.

Les paramètres utilisés aux fins du calcul de niveau 2 des coefficients d'émission pour les bovins peuvent être divisés en deux catégories : 1) les paramètres associés aux méthodes d'élevage et au rendement (section A3.4.2 pour obtenir une description détaillée des paramètres); 2) les paramètres propres aux équations de niveau 2 du GIEC (section A3.4.2). Dans l'ensemble, l'incertitude attribuée aux paramètres associés aux méthodes d'élevage et au rendement est relativement faible, car les estimations sont établies à l'échelle provinciale selon l'opinion d'experts et sont des valeurs généralement reconnues au sein de l'industrie. La principale source d'incertitude liée aux méthodes d'élevage est la durée de séjour et le pourcentage des populations d'animaux à chaque étape de production. Cette source d'incertitude est associée au nombre d'animaux gardés en semi-finition et à la durée de la période de semi-finition. Ces paramètres sont hautement tributaires des prix et des marchés d'importation et d'exportation; le degré de confiance accordé aux valeurs qui sont utilisées actuellement est donc

faible. Un degré d'incertitude élevé (30 %) a été attribué au nombre d'animaux gardés en semi-finition, et une distribution triangulaire non symétrique a été appliquée par mesure de précaution à la durée de la période de semi-finition, compte tenu de la variabilité potentielle élevée associée à ces pratiques de production. L'incertitude liée au pourcentage des populations d'animaux à chaque étape de production et à la durée des étapes de production n'a pas été directement prise en compte dans l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012).

Les incertitudes quant aux paramètres des équations de niveau 2 du GIEC ont été directement tirées, pour la plupart, de l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012), qui ont utilisé les distributions de probabilité de l'étude de Monni et al. (2007) ou celles des Lignes directrices 2006 du GIEC. Deux différences importantes sont à noter : 1) une fois l'étude de Karimi-Zindashty et al. (2012) terminée, on a pu obtenir les distributions de probabilité de l'énergie digestible d'après les données fournies par Lactanet, ce qui a permis de calculer les distributions typiques de différents types d'aliments; 2) Karimi-Zindashty et al. (2012) ont utilisé la méthode de 2006 du GIEC et n'ont donc pas tenu compte des effets de la perte de poids sur l'EB. On a donc utilisé une distribution uniforme dans le cadre de l'analyse MSEC afin de tenir compte de l'incidence de l'intégration d'une estimation de l'énergie nette mobilisée par la perte de poids pendant la lactation (EN_{mob}), variant en fonction de la durée de la perte de poids entre 0 % et 20 % de la période de lactation. Comme ce paramètre a été retiré des Lignes directrices 2006 du GIEC, cette méthode fournissait un moyen efficace d'en évaluer l'incidence globale.

On a procédé à une analyse des tendances à l'aide du MSEC où on a calculé l'incertitude liée à l'ampleur de la variation des émissions avec le temps. Pour la tendance à long terme, on a calculé les émissions pour 1990 et 2012 simultanément, et dans les estimations, on a permis uniquement aux paramètres dépendants du temps de varier de façon indépendante. Ces paramètres représentent les éléments de l'approche de calcul qui varient dans le temps et, par conséquent, on dispose d'une estimation pour une valeur en 1990 et en 2012 (indiquée par un « 7 » en indice supérieur au Tableau A3.4–12). On considère que les paramètres en 1990 et en 2012 sont complètement indépendants; il s'ensuit que, pour chaque calcul de la simulation de Monte-Carlo, une valeur a été sélectionnée de manière indépendante dans la distribution de probabilité pour 1990 et pour 2012. En revanche, d'autres paramètres utilisaient une valeur sélectionnée une seule fois dans leur distribution de probabilité pour le calcul des émissions en 1990 et en 2012. Les paramètres qui pouvaient varier de manière indépendante dans l'analyse relative au processus de fermentation entérique étaient les populations animales, la production laitière et la teneur en matières grasses chez les bovins laitiers, et le poids des bovins de boucherie. Les valeurs d'incertitude relative de l'analyse des tendances ont été appliquées aux résultats de 2013.

Les résultats sommaires de l'analyse des incertitudes liées aux émissions dues au processus de fermentation entérique sont présentés à la section 6.2.3 du Chapitre 5. En bref, la plage fixe utilisée pour le calcul des plages d'incertitude liées aux émissions imputables à la fermentation entérique est de 39 % (-17 % à +22 % de la moyenne) (voir le Chapitre 5). L'incertitude la plus importante liée à l'estimation est associée aux coefficients d'émission de niveau 2 établis pour les bovins, la plage d'incertitude étant de -19 % à +22 % de la moyenne pour la catégorie des Bovins non laitiers et de -16 % à +21 % de la moyenne pour la catégorie des Bovins laitiers. Dans le cas des autres animaux pour lesquels on utilise les coefficients d'émission par défaut de la méthode de niveau 1 du GIEC (2006), on a attribué des plages d'incertitude de ± 50 %, sauf dans le cas des porcs, dont la plage a été établie à ± 37 %, selon les travaux de Monni et al. (2007). Par rapport aux bovins, l'utilisation des coefficients de niveau 1 pour les autres animaux a eu peu d'effets sur l'incertitude globale, étant donné la faible contribution des autres catégories d'animaux aux émissions totales dues à la fermentation entérique. Les émissions moyennes pour les catégories des Bovins laitiers et des Bovins non laitiers estimées à l'aide du modèle stochastique sont légèrement plus élevées que les émissions calculées dans la base de données de l'inventaire (environ 2 %). Cette différence est vraisemblablement due à l'introduction de la distribution triangulaire non symétrique qui a entraîné une augmentation de la durée de la semi-finition pour les génisses et les bouvillons destinés à l'abattage, de même qu'à la distribution uniforme du coefficient qui définit l'énergie libérée par la perte de poids pendant la lactation chez les bovins laitiers.

L'incertitude globale pour chaque estimation de chaque année prise individuellement change peu avec le temps. La plage d'incertitude pour les émissions de 1990 et de 2012 tourne autour de 39 % à 40 %. D'après l'analyse des tendances, à long terme, les émissions de CH_4 ont augmenté entre 1990, l'année de référence, et 2012, passant de 9 % à 19 %, la valeur la plus probable (VPP) étant de 15 % (incertitude des tendances de 10 %). La majeure partie de la hausse des émissions est associée à la catégorie Fermentation entérique, qui est passée de 11 % à 22 %, avec une VPP de 16 %. Pour estimer l'incertitude des tendances figurant au Chapitre 5, les incertitudes relatives des tendances de l'analyse précédente ont été appliquées à la variation moyenne des émissions de l'année en cours. De façon générale, cette analyse d'incertitude était conforme à d'autres estimations des incertitudes effectuées dans le domaine agricole. L'étude publiée par Monni et al. (2007) est actuellement, à notre connaissance, la seule étude expliquant en détail l'incertitude liée aux émissions agricoles de CH_4 estimées selon la méthode de niveau 2 du GIEC. L'utilisation de distributions de probabilité comparables pour les paramètres par défaut de niveau 2 du GIEC assure la comparabilité des deux méthodes d'estimation des émissions nationales qui sont employées. Monni et al. (2007) ont établi que l'incertitude à l'échelle nationale liée aux émissions imputables à la fermentation entérique pour différentes sous-catégories de bovins dans le secteur agricole finlandais variait entre -22 % à +29 % de la moyenne et -29 % à +39 % de la moyenne. Rypdal et Winiwarter (2001) ont établi l'incertitude pour certains pays européens, notant qu'elle variait de ± 20 % de la moyenne au Royaume-Uni à ± 50 % de la moyenne en Autriche. Ils ont toutefois utilisé principalement les méthodes d'estimation de niveau 1. Nous n'avons pas été en mesure de trouver des publications comparables concernant l'analyse de l'incertitude des tendances dans le domaine de l'Agriculture.

Les résultats de cette analyse d'incertitude ont été, bien entendu, très similaires à ceux produits par Karimi-Zindashty et al. (2012). Ces derniers ont également observé une plage globale d'incertitude liée aux émissions imputables à la fermentation entérique de 39 %, ce qui indique que l'incertitude pour la durée des étapes de production et le pourcentage des populations d'animaux à chaque étape de production a eu peu d'effets sur l'incertitude globale. L'intégration de l'incertitude associée à la perte de poids pendant la lactation n'a pas fait augmenter l'incertitude globale, mais a eu tendance à désaxer la distribution de l'incertitude liée aux estimations de la catégorie des Bovins laitiers et à produire des estimations d'émissions plus élevées. Selon l'analyse de sensibilité réalisée par Karimi-Zindashty et al. (2012), les facteurs les plus importants de l'incertitude liée aux estimations d'émissions sont liés aux paramètres par défaut de niveau 2 du GIEC, et plus particulièrement au taux de conversion du méthane (Y_m) et au coefficient associé à l'énergie nette nécessaire à la survie (C_f), appliqué à l'échelle nationale. L'incertitude liée à la méthode de niveau 2 peut être réduite grâce à l'élaboration de paramètres propres au pays à l'échelle régionale pour différentes catégories d'animaux. On pense que les récentes révisions apportées à la méthodologie relative aux bovins laitiers auront réduit l'incertitude globale des estimations des émissions par la fermentation entérique; cependant, des analyses plus poussées sont nécessaires pour quantifier les répercussions des améliorations aux estimations de l'incertitude.

A3.4.3. Émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers

L'analyse de niveau 2 du GIEC sert à estimer les coefficients d'émission de CH_4 provenant des systèmes de gestion des fumiers (GIEC, 2006), également appelés systèmes de gestion de déchets animaux (SGDA). L'Équation A3.4–5 sert à calculer les émissions de CH_4 de la gestion des fumiers de toutes les catégories de bétail au Canada, sauf les chevreuils et élans, les lapins, les mules et les ânes et les animaux à fourrure, pour le calcul desquels on a utilisé les coefficients d'émissions de niveau 1 du GIEC. Les coefficients d'émission pour les sangliers ont été calculés selon les paramètres moyens de niveau 2 pour les porcs, en postulant toutefois 100 % de fumier solide. Les sources de données sur la population animale sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour la déclaration des estimations de la fermentation entérique. Elles sont présentées au Tableau A3.4–1.

Lorsque les coefficients d'émission par défaut ne sont pas disponibles ou qu'il n'y a pas de sources de renseignements propres à un pays pour les catégories mineures de bétail, des variables substitutives logiques sont utilisées pour estimer les émissions. Ces variables substitutives sont fondées sur les similitudes entre les espèces et entre les pratiques d'élevage. Lorsque des variables substitutives sont utilisées au niveau provincial, il se peut que les valeurs nationales pondérées ne correspondent pas, pour les catégories d'animaux originales et les catégories substitutives, en raison des différences entre les populations provinciales utilisées pour la pondération.

Les valeurs substitutives suivantes, combinées au jugement d'experts, sont utilisées pour les catégories d'animaux mineures :

- Les paramètres du système de gestion des fumiers de la catégorie des Bovins non laitiers sont utilisés pour représenter les bisons, y compris le potentiel de production maximale de CH_4 (B_0) et la distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers (SGF).
- Les distributions provinciales des SGF pour les chevaux sont utilisées pour représenter les mules et ânes.
- Les distributions provinciales des SGF pour la catégorie des Bovins non laitiers sont utilisées pour la déclaration des émissions des chevreuils et élans, sauf dans le cas des systèmes liquides, qui sont attribués à la catégorie des pâturages, des grands parcours et des enclos sur la base du jugement d'expert selon lequel il est improbable que le fumier des chevreuils et des élans soit traité par des systèmes de gestion des fumiers liquides.
- Les valeurs des solides volatiles (SV) pour la catégorie des Porcs sont utilisées pour représenter les sangliers, au niveau provincial. Cette relation de substitution ne comprend cependant pas la désagrégation des sous-catégories de Porcs et l'utilisation de la masse animale pour mettre à l'échelle les SV (section A3.4.3.6). Enfin, tout le fumier des sangliers est alloué aux SGF solides sur la base d'un jugement d'expert.
- Les paramètres des systèmes de gestion des fumiers des moutons sont utilisés pour représenter les lamas et alpagas, y compris pour les solides volatiles et les distributions provinciales des SGF.

Les émissions totales des catégories d'animaux mineures Mules et ânes, Élans et chevreuils, Lamas et alpagas, Visons, Renards, Lapins et Sangliers représentent moins de 100 kt d'équivalent CO_2 en 2021 (< 0,2 % du total des émissions agricoles), ce qui comprend les émissions directes et indirectes et les émissions résultant de l'épandage de fumier sur les sols agricoles. Changer les valeurs substitutives n'aurait aucun impact significatif sur les estimations des émissions du secteur agricole et, vu l'impact insignifiant de ces catégories d'animaux sur les émissions agricoles, toute amélioration à ces catégories a la priorité la plus basse dans l'inventaire agricole.

Tableau A3.4–12 Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique

Catégorie de paramètre	Paramètre	Source du coefficient/ paramètre	Type de distribution	Plage d'incertitude ^a	Distribution de l'incertitude Source et notes	Catégorie spatiale/animale
Données sur les populations ^b						
Enquêtes semestrielles sur les bovins						
	Bovins laitiers	Statistique Canada (Tableau 003-0032)	Distribution normale	±6 % – ±42 %	Karimi-Zindashty et al. (2012), de Statistique Canada, communication personnelle ^c	Provincial/sous-catégorie
	Bovins non laitiers			±5 % – ±73 %		
Autres populations établies selon les enquêtes						
	Porcs	Statistique Canada (Tableaux 003-0004 et 003-0031)		±8 % – ±89 %	Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	
	Moutons			±14 % – ±80 %		
Recensement de l'agriculture						
	Chèvres	Recensement de l'agriculture (Statistique Canada, 2012a)		±9 % – ±21 %		
	Volaille		±5 % – ±12 %			
	Bisons		±18 % – ±85 %			
	Lamas et alpagas		±16 % – ±42 %			
	Chevaux		±5 % – ±16 %			
Paramètres de production bovine et rendement de la production						
	Production laitière ^b	Valacta/Canwest DHI	Distribution normale	±8 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
	Teneur en matières grasses ^b	Valacta/Canwest DHI				
	Efficacité du troupeau laitier ^b	Valacta/Canwest DHI				
	Coefficient de gestation	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	
	Gain quotidien moyen	Boadi et al. (2004b)				
	Période de gestation	Boadi et al. (2004b)				
	Durée des étapes de production	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale, à l'exception des animaux destinés à l'abattage – distribution triangulaire, non symétrique	±5 %, Animaux destinés à l'abattage : VPP ^f de Boadi et al. (2004b) LI : 12 % de VPP LS : 25 % de VPP	Opinion d'experts, Boadi et al. (2004b) – pour les génisses et les bouvillons d'engraissement, une distribution triangulaire a été supposée, selon l'interprétation des effets potentiels sur le marché (Canfax Research Services, 2009)	Provincial/sous-catégorie d'étape de production, corrélation interne ^g
	Pourcentage des populations à chaque étape de production	Boadi et al. (2004b)				
Estimations des poids des bovins ^b						
	Poids vif, 2001	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie d'étape de production
	Poids à l'âge adulte, 2001	Boadi et al. (2004b)				National/sous-catégorie
	Poids des carcasses	ACCB ^d et données publiées par AAC ^e (1990–2010)				
Coefficients d'émission pour les bovins (équations de niveau 2 du GIEC)						
	Taux de conversion du méthane (Y _m)		Distribution normale	Animaux au parc d'engraissement : ±30 % Autres animaux : ±15 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)	National/parc d'engraissement ou non
Calcul de l'énergie brute pour les bovins – Équation A3.4–2 de niveau 2 du GIEC						
	Énergie digestible (ED)	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	Pâturage ±9 % Confinement ±9 % Semi-finition ±7,5 % Aliments préparés ±5,5 %	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services	Provincial/sous-catégorie d'étape de production
Énergie nette pour les bovins – équations 4.1 à 4.10 de niveau 2, Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (2000)						
	Coefficient d'activité (Ca)	GIEC (2000)	Distribution normale	±30 %	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/bovins
	Coefficient de sexe (C)		Distribution normale	±30 %		
	Coefficient de survie (entretien) (C _f)		Distribution normale	±30 %		
	Coefficient de lactation		Distribution normale	±30 %		
	Taux de perte de poids		Distribution normale	5 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
	Durée de la perte de poids		Distribution uniforme	LI : 0 LS : 20 % de la période de lactation	Interprétation des différences entre les Lignes directrices de 2000 et de 2006 du GIEC	
Coefficients d'émission pour les catégories d'animaux autres que les bovins						
	Porcs	GIEC (2000)	Distribution normale	±37 %	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/catégorie
	Autres animaux			±50 %		

Notes :

- Lorsque des différences en matière d'incertitude existent entre les provinces ou les catégories d'animaux, les incertitudes maximale et minimale sont indiquées.
- Valeurs qui ont pu varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances.
- Communication personnelle. R. Plourde, Statistique Canada, Section du bétail et des aliments, Ottawa (Ontario), 4 avril 2010.
- Agence canadienne de classement du bœuf.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- VPP = valeur la plus probable; LI = limite inférieure; LS = limite supérieure
- La corrélation interne indique des valeurs exprimées en proportion d'un tout, c'est-à-dire en proportion d'un total équivalant à 100 %.

Équation A3.4–5

$$CH_{4MM} = \sum_T (N_T \times CE_{(MM)T})$$

CH_{4MM}	=	émissions pour toutes les catégories animales
N_T	=	population animale pour la T ^e catégorie ou sous-catégorie animale par province
$CE_{(MM)T}$	=	coefficient d'émission pour la T ^e catégorie ou sous-catégorie animale, calculé à l'aide de l'Équation A3.4–6

Les coefficients d'émission de CH₄ de niveau 2 représentant les systèmes de gestion des fumiers résultent des données d'entrée propres au pays et prennent en compte les conditions climatiques, les rations du bétail et le type de système d'entreposage de fumier inclus dans l'Équation A3.4–6. L'équation suivante sert à produire une estimation de niveau 2 du GIEC des coefficients d'émission de CH₄ liés aux systèmes de gestion des fumiers :

Équation A3.4–6

$$CE_{(MM)T} = SV_T \times 365 \times B_{0T} \times 0,67 \times \sum_{ij} FCM_{ij} \times SGF_{Tij}$$

$CE_{(MM)T}$	=	coefficient d'émission annuel pour la population T, kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹
SV_T	=	solides volatils excrétés quotidiennement par un animal de la population T, kg jour ⁻¹
B_{0T}	=	potentiel maximal de production de CH ₄ pour le fumier produit par un animal de la population T, m ³ kg ⁻¹ SV
FCM_{ij}	=	facteur de conversion du CH ₄ pour chaque système de gestion des fumiers <i>i</i> par région climatique <i>j</i>
SGF_{Tij}	=	facteur de distribution du système, défini comme la fraction des fumiers de la catégorie animale T qui est traitée à l'aide du système de gestion des fumiers <i>i</i> dans la région climatique <i>j</i> , souvent appelé système de gestion de déchets animaux (SGDA) dans les documents du GIEC
$0,67$	=	facteur de conversion de m ³ de CH ₄ en kg de CH ₄

Les sections suivantes portent sur les sources de valeurs d'entrée pour SV, DA %, CENDRE, B₀, FCM et SGF.

A3.4.3.1. Solides volatils (SV)

Bovins, SV

Les SV représentent la portion organique des solides totaux du fumier. On a estimé les SV de fumier selon la DA % de l'apport alimentaire, la teneur en cendre du fumier et l'EB consommée par un animal d'une sous-catégorie donnée, et la fraction de l'énergie urinaire (EU) dans la consommation d'EB, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Pour les sous-catégories de bovins, l'EB varie selon de l'approche basée sur le modèle de production de bovins défini pour l'estimation des émissions imputables à la fermentation entérique (Boadi et al., 2004a), comme le montre l'Équation A3.4–3. On a estimé les SV pour chaque sous-catégorie de bovins à l'échelle provinciale en tenant compte des étapes de production régionale et saisonnière (Équation A3.4–7). L'augmentation de la production de lait chez les vaches laitières et du poids des carcasses chez les bovins de boucherie a eu pour effet d'accroître les SV avec une augmentation de la matière sèche ingérée et, par le fait même, les émissions de CH₄ au cours de la série chronologique; cependant, une augmentation de la DA % dans l'alimentation des bovins laitiers a modéré cet effet chez les vaches laitières.

Équation A3.4–7

$$SV = [EB \times (1 - \frac{DA \%}{100}) + (EU \times EB)] \times (\frac{1 - CENDRE}{18,45})$$

SV	=	excrétion de solides volatils, kg animal ⁻¹ jour ⁻¹
EB	=	énergie brute consommée par un animal donné, MJ animal ⁻¹ jour ⁻¹
$DA \%$	=	digestibilité de l'alimentation, %
EU	=	énergie urinaire, sans unité
$CENDRE$	=	teneur en cendres du fumier, %
$18,45$	=	constante de conversion de l'énergie (MJ) en masse (kg ⁻¹)

Porcs, SV

Les solides volatils déclarés pour la catégorie des Porcs (Tableau A3.4–14) ont été estimés tout d'abord par le calcul de l'excrétion de SV à l'échelle de la province en fonction des valeurs fournies par Marinier et al. (2004), au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC (2006), en tenant compte de la variabilité des valeurs de MSI, de DA % et de CENDRE obtenues à partir de sondages effectués auprès d'experts. La masse animale type a servi à convertir les SV fixés dans le temps en unités de SV par 1000 kg de poids corporel ($\text{kg de SV } 1000 \text{ kg de masse animale}^{-1} \text{ jour}^{-1}$), ce qui a par la suite été appliqué à l'ensemble de la série chronologique de la masse animale.

Tous les autres animaux, SV

Les solides volatils pour les catégories animales autres que les Bovins laitiers, les Bovins non laitiers et les Porcs ont été calculés en fonction de valeurs fournies par Marinier et al. (2004) au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC (2006), et en tenant compte de la variabilité des valeurs de MSI, DA % et de CENDRE calculées à partir de sondages effectués auprès d'experts. Ces valeurs (MSI, DA %, CENDRE) ont servi à calculer les SV par province pour les catégories d'animaux d'élevage autres que des bovins (Équation A3.4–8). L'intervalle de confiance a été établi au moyen d'une simulation de Monte-Carlo effectuée à l'aide de Crystal Ball® (Decisioneering, 2000), ce qui a permis d'obtenir une distribution de probabilité fondée sur la variance présente dans les opinions des experts et les études scientifiques (Tableau A3.4–13).

Équation A3.4–8

$$SV = [MSI \times 18,45 \times (1 - \frac{DA \%}{100}) + (EU \times MSI \times 18,45)] \times (\frac{1 - CENDRE}{18,45})$$

SV	=	excrétion de solides volatils, $\text{kg animal}^{-1} \text{ jour}^{-1}$
MSI	=	matière sèche ingérée, $\text{kg animal}^{-1} \text{ jour}^{-1}$
DA %	=	digestibilité de l'alimentation, %
EU	=	énergie urinaire, sans unité
CENDRE	=	teneur en cendres du fumier, %
18,45	=	constante de conversion de l'énergie (MJ) en masse (kg)

Les sections suivantes portent sur les données permettant d'estimer les SV, qui ont été élaborées par Marinier et al. (2004).

Tableau A3.4–13 Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins en 2021 et intervalle de confiance connexe de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne

Catégories d'animaux	Valeur moyenne des SV ($\text{kg animal}^{-1} \text{ jour}^{-1}$)	Intervalle de confiance de 95 % (%)
Moutons et agneaux ^a	0,60	31
Chevaux adultes	3,5	16
Chèvres	0,72	41
Bisons	3,1	16
Sangliers ^b	0,24	50
Volaille	0,02	20

Notes :

- Les mêmes valeurs que pour les moutons ont été attribuées aux lamas et aux alpagas, au niveau provincial, et leur poids repose sur la population de lamas et d'alpagas de chaque province.
- La valeur pour les sangliers a été calculée en fonction de la valeur pour les porcs.

Tableau A3.4–14 Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier de porc en 2021

Catégories d'animaux	SV (kg 1000 kg de masse corporelle ⁻¹ jour ⁻¹)	Masse animale typique (kg)	SV (kg jour ⁻¹)
Truies	1,6	198	0,31
Verrats	1,6	198	0,31
Porcs (< 20 kg)	10,9	8,7	0,09
Porcs (20–60 kg)	5,2	36	0,19
Porcs (> 60 kg)	4,6	90	0,41

Digestibilité de l'alimentation (DA %) et matière sèche ingérée (MSI)

Les sources de renseignements utilisées pour calculer les valeurs de la DA % pour les catégories des Bovins laitiers et non laitiers sont examinées en détail dans la section A3.4.1.

D'importantes variations régionales dans la composition des rations ont été relevées pour les moutons, les chevaux et les porcs. Aucune variation régionale n'a été prise en compte pour les chèvres ou la volaille, car on ne disposait pas de données requises.

En général, les rations des animaux brouteurs se composent de céréales et de fourrage. La digestibilité du régime alimentaire variera selon la composition, les céréales ayant une plus haute digestibilité que le fourrage. La distribution des régimes alimentaires à base de céréales et de fourrage a été estimée pour les moutons et les chevaux dans chaque province. On a obtenu une estimation pondérée de la DA % à partir de la DA % approximative des céréales et du fourrage pour chaque type d'animal et de la distribution de la consommation de céréales et de fourrage par province (Tableau A3.4–15). Cependant, cette méthode ne tient pas compte des suppléments alimentaires qui peuvent augmenter ou réduire la digestibilité. Les intervalles de valeurs qui s'appliquent à la MSI pour les catégories d'animaux non bovins ont été déterminés en consultant des spécialistes et en se fondant sur des valeurs publiées (Tableau A3.4–16).

Tableau A3.4–15 Digestibilité de l'alimentation (DA %) approximative pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage, et sources de données

Catégorie d'animaux	DA (%)	Sources
Chèvres	65	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Poules pondeuses	80	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Poulets	80	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Dindes	78	S. Leeson, Université de Guelph
Porcs	87	C.F. deLange, Université de Guelph
Alimentation à base de céréales		
Moutons	74	Weston (2002)
Chevaux	70	L. Warren, Université de l'État du Colorado
Alimentation à base de fourrage		
Moutons	65	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Chevaux	60	L. Warren, Université de l'État du Colorado
Note :		
Sources des données : Consultations d'experts (Marinier et al., 2004).		

Tableau A3.4–16 **Matière sèche ingérée pour certaines catégories d'animaux d'élevage**

Catégorie d'animaux	MSI (kg animal ⁻¹ jour ⁻¹)	Sources
Moutons et agneaux		
Brebis	1,2–2,8	NRC (1985)
Béliers	2,1–3,0	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Agneaux de remplacement	1,2–1,5	NRC (1985)
Agneaux de marché	1,3–1,6	NRC (1985)
Chevaux		
Chevaux adultes oisifs	7,4–11	NRC (1989); L. Warren, Université de l'État du Colorado
Chevaux adultes actifs	7,4–13,7	NRC (1989); L. Warren, Université de l'État du Colorado
Chevaux sevrés	3,6–6,3	NRC (1989)
Porcs		
Naisseur (5–20 kg)	0,55–0,72	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Pouponnière (20–60 kg)	1,4–2,1	J. Patience, Prairie Swine Centre
Finisseurs (60–110 kg)	2,1–3,3 ^a	M. Nyachoti, Université du Manitoba; C. Pomar, AAC
Truies	2,28	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Verrats	2,0–2,5	M. Nyachoti, Université du Manitoba; NRC (1998)
Chèvres		
Chèvres	1,2–2,8	NRC (1981)
Boucs	1,4–2,3	CRAAQ (1999)
Chevreaux	1,4	CRAAQ (1999)
Volaille		
Poules pondeuses	0,072–0,11	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Poulets à griller	0,085–0,088	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l'Alberta
Dindes	0,023–0,53	Hybrid (2001)
Notes :		
Sources des données : Consultations d'experts (Marinier et al., 2004)		
a. Évalué à 3,5 % de la masse corporelle.		

Teneur en cendres des fumiers (CENDRE)

La teneur en cendres des fumiers est la portion inorganique de ceux-ci. Le Tableau A3.4–17 comprend les valeurs utilisées dans le présent inventaire pour la teneur en cendres dans le calcul des solides volatils ainsi que leurs sources.

Tableau A3.4–17 **Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage, et sources de données**

Catégories d'animaux	CENDRE (%)	Sources
Bovins	8	GIEC (2000)
Moutons	8	GIEC (2000)
Chèvres	8	GIEC (2000)
Chevaux	4	GIEC (2000)
Poules pondeuses	10	Marinier et al. (2004)
Poulets	7	Marinier et al. (2004)
Dindes	5	Marinier et al. (2004)
Porcs	5	Marinier et al. (2004)
Sangliers	5	Porc utilisé comme approximation

A3.4.3.2. Potentiel de production maximale de CH₄ (B₀)

Le B₀ est défini comme le volume maximal de CH₄ qui peut être produit à partir d'un kilogramme de SV chargé dans un système de gestion des fumiers. Il s'exprime sous la forme suivante : m³ kg⁻¹ de SV chargés. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC ont été utilisées pour tous les animaux. Pour les bisons, on a utilisé les valeurs correspondant à la catégorie des Bovins non laitiers.

A3.4.3.3. Facteur de distribution du système de gestion des fumiers (SGF)

Le facteur SGF représente la distribution proportionnelle des systèmes de gestion des fumiers pour une catégorie de bétail à l'intérieur d'une région donnée. Très peu de renseignements fiables ont été publiés sur la distribution des systèmes de gestion des fumiers au Canada.

Les lagunes de traitement anaérobie et l'épandage quotidien ne sont habituellement pas utilisés pour le stockage du fumier au Canada. Bien qu'on puisse en trouver des exemples, ces derniers ne peuvent être quantifiés, et sont donc actuellement considérés être non significatifs et ne sont pas estimés. L'existence de ces types de systèmes de stockage n'était pas identifiée dans la consultation des experts entreprise par Marinier et al. (2004) ni dans le cadre des enquêtes sur la gestion agroenvironnementale, qui sont les sources des données sur la répartition des SGF au Canada. En conséquence, on présume que la quantité de fumier traitée par ces systèmes est négligeable. Les systèmes de stockage en terre existent au Canada, mais les solides en sont retirés régulièrement quand les systèmes sont vidés, sur une base annuelle, et il n'y a pas d'accumulation à long terme et de traitement anaérobie en lagune, comme c'est le cas pour les « lagunes de traitement anaérobie » définies dans les Lignes directrices du GIEC.

Bovins laitiers

Pour la catégorie des Bovins laitiers, un lien entre la taille de l'exploitation agricole et le temps passé dans les pâturages, les parcs d'exercice et l'étable a été établi par Sheppard et al. (2011b) pour chaque province. Il est présumé que la proportion de fumier excrété dans ces endroits équivaut au temps passé dans chaque endroit. Il a été constaté que le temps passé dans les pâturages diminuait lorsqu'augmentait la taille de l'exploitation agricole, et que la fraction de fumier déposé dans les pâturages a diminué en moyenne de 19 % en 1990 à 16 % en 2016 en raison d'un passage à des exploitations agricoles plus importantes.

Dans le cas du fumier déposé dans les étables, une série chronologique de stockage du fumier a été établie à partir d'une combinaison de données tirées de l'Enquête sur la gestion des intrants agricoles (1995), des Enquêtes sur la gestion agroenvironnementale (2001, 2006, 2011) et de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage (2005). L'utilisation de systèmes liquides a été estimée en fonction du lien avec la taille de l'exploitation agricole, pour l'Est et l'Ouest du Canada respectivement, qui a été dérivé des données des enquêtes. L'utilisation de systèmes liquides a augmenté de 17 % en 1990 à 64 % en 2011, l'année d'enquête la plus récente, tandis que l'on présume que l'utilisation de fumier solide est inversement reliée à l'utilisation du fumier liquide. Les données des enquêtes ont été utilisées pour diviser les systèmes liquides en trois sous-systèmes de SGF : bassin de terre, réservoir et caillebotis. Une portion du fumier solide total est composté, tandis que le reste est divisé en deux sous-systèmes solides de SGF, selon les données des enquêtes : accumulé et en tas. Pour chaque sous-système liquide, le fumier a été séparé selon la présence ou l'absence de formation d'une croûte, qui a été établie en fonction des données tirées de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage recueillies par Sheppard et al. (2011a). Enfin, pour chaque sous-système liquide et solide dans une province donnée, le fumier a été divisé davantage en fonction de l'utilisation de couvertures pendant le stockage de fumier.

Porcs

Dans le cas des porcs, une série chronologique de stockage du fumier a été établie à partir d'une combinaison de données tirées de l'Enquête sur la gestion des intrants agricoles (1995), des Enquêtes sur la gestion agroenvironnementale (2001, 2006, 2011) et de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage (2005). L'utilisation de systèmes liquides a été estimée en fonction du lien avec la taille de l'exploitation agricole et a été modélisée en fonction de la taille des exploitations agricoles provinciales tirée du RDA. L'utilisation de systèmes liquides a augmenté de 80 % en 1990 à 97 % en 2011, l'année d'enquête la plus récente incluse, tandis que l'on présume que l'utilisation de fumier solide est inversement reliée à l'utilisation de fumier liquide. Les données des enquêtes ont été utilisées pour diviser les systèmes liquides en trois sous-systèmes de SGF : bassin de terre, réservoir et caillebotis. Le fumier solide est divisé en deux sous-systèmes de SGF : accumulé et en tas, selon les données des enquêtes. Pour chaque sous-système liquide, le fumier a été séparé selon la présence ou l'absence de formation d'une croûte, qui a été établie en fonction des données tirées de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage (Sheppard et al., 2010b). Enfin, pour chaque sous-système liquide et solide dans une province donnée, le fumier a été divisé davantage en fonction de l'utilisation de couvertures pendant le stockage de fumier.

Tous les autres animaux

Un sondage auprès de spécialistes de la gestion des fumiers et de la production animale a été mené en 2003–2004 dans le cadre de l'étude de niveau 2 de Marinier et al. (2004). Le Tableau A3.4–15 présente un résumé des moyennes nationales des résultats. En bref, dans les principales catégories de production d'animaux à l'échelle du pays, le fumier de volaille est entreposé de la même façon que le fumier solide, et le fumier des bovins de boucherie est entreposé en tant que solide et épandu dans les pâturages à parts égales, sauf en Colombie-Britannique et au Manitoba, où la majeure partie du fumier est épandue dans les pâturages.

Pour les catégories d'animaux d'élevage mineures, pour lesquelles la méthode de niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de CH₄ provenant de la gestion des fumiers, les répartitions des SGF sont signalées dans les tableaux du CUPR à des fins de cohérence avec le signalement des émissions de N₂O provenant de la gestion des fumiers (voir A3.4.4.1), mais ne sont pas incorporées dans les calculs.

A3.4.3.4. Facteur de conversion du méthane (FCM)

Le FCM décrit la proportion du B₀ réalisée, selon le système de stockage et la région climatique. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC ont été utilisées pour tous les animaux, sauf pour la volaille. Lorsqu'une gamme de valeurs du FCM dépendantes de la température était disponible, la valeur pour un climat frais et une température annuelle moyenne de 12 °C a été utilisée.

Dans le cas de la volaille, dans les systèmes de gestion des fumiers liquide, on a utilisé un FCM compatible avec tous les autres systèmes de gestion des fumiers liquides d'animaux d'élevage, étant donné que les méthodes de stockage du fumier liquide de volaille au Canada ne diffèrent pas considérablement de celles des systèmes de stockage utilisés dans les secteurs de la production laitière ou porcine.

Dans le cas des catégories des Bovins laitiers et des Porcs, les valeurs du FCM tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC ont été attribuées à chacun des sous-systèmes de chaque SGF (section A3.4.3.3). Dans les sous-systèmes liquides, la valeur du FCM pour les systèmes liquides ou semi-liquides de 20 % (sans croûte) ou de 13 % (avec croûte) a été utilisée pour les réservoirs et les bassins de terre, tandis que le stockage dans des fosses sous les installations d'animaux en confinement a été utilisé pour les systèmes en caillebotis. Dans le cas des sous-systèmes solides, le FCM pour la gestion sous forme sèche a été utilisé pour le fumier accumulé, tandis que le FCM pour le stockage solide a été utilisé pour les tas de fumier. Dans le cas des bovins laitiers, un FCM pour la gestion sous forme sèche a également été utilisé pour les parcs d'exercice. La liste complète des valeurs du FCM par animal d'élevage et système de gestion des fumiers est disponible à l'Annexe 6.4.

Tableau A3.4–18 **Pourcentages de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) au Canada (par catégorie d'animaux, d'après la répartition des populations en 2021)**

Catégorie d'animaux	Systèmes liquides	Stockage du fumier solide et du fumier sec	Fumiers des pâturages, des grands parcs et des enclos	Autres systèmes
Bovins non laitiers	4,9	45	45	4,4
Bovins laitiers	64	18	16	2,9
Volaille	6,7	92	0,5	0,6
Moutons et agneaux	0,1	33	67	0,02
Lamas et alpagas ^a	0,03	30	70	0,02
Porcs	97	3	0	0
Chèvres	0	41	59	0
Chevaux	0	31	68	0,7
Bisons	0,2	46	50	3,9
Chevreaux et élans ^b	0	47	50	3,5
Animaux à fourrure ^c	0	100	0	0
Mules et ânes ^d	0	32	68	0,7
Sangliers ^c	0	100	0	0

Notes :

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre à 100 %.

a. Il est supposé que le fumier des lamas et des alpagas traité par des SGF est égal à celui des moutons et des agneaux, au niveau provincial.

b. Répartitions identiques à celles des bovins non laitiers, sauf que les systèmes de gestion de fumiers liquides sont attribués à la catégorie des pâturages, des grands parcs et des enclos (PGPE).

c. Hypothèse de 100 % de fumiers solides.

d. Il est supposé que le fumier des mules et des ânes traité par des SGF est égal à celui des chevaux.

A3.4.3.5. Coefficients d'émission de CH₄ attribuables à la gestion des fumiers de bovins

Les coefficients d'émission pour les bovins élaborés pour le calcul des émissions de CH₄ issues des systèmes de gestion des fumiers varient selon les sous-catégories d'animaux et avec le temps (Tableau A3.4–19). Les SV étant calculés en fonction de l'EB issue de l'approche de production de bovins et de fermentation entérique, une série chronologique de coefficients d'émission a été obtenue pour les bovins afin de prendre en compte : 1) la hausse de la productivité des vaches laitières; 2) la variation dans les taux globaux de conversion du méthane, tels qu'ils sont touchés par les changements dans les pratiques du stockage du fumier; et 3) la variation du poids vif des bovins de boucherie dont il a été question aux sections A3.4.1, A3.4.3.4 et A3.4.1.1, respectivement. Les coefficients d'émission sont les plus élevés pour les vaches laitières, ce qui tient compte des taux élevés de confinement, de l'utilisation de systèmes de gestion des fumiers liquide et de l'apport alimentaire important pour la production soutenue de lait. Les coefficients d'émission liés à la production laitière ont plus que doublé depuis 1990 en raison de l'utilisation accrue de systèmes de gestion des fumiers liquide. Les coefficients d'émission pour les bovins de boucherie sont plus bas, étant donné les faibles taux de confinement et l'EB moins élevée et le fait que la plus grande partie du fumier est géré sous forme solide (faible FCM).

Tableau A3.4–19 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH₄ issues de la gestion des fumiers des bovins, par sous-catégories, de 1990 à 2021

Année	Coefficients d'émission CE _{(MM)T} (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)							
	Vaches laitières	Génisses laitières ^a	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage ^b	Bouvillons ^b	Veaux
1990	13	8	4,5	4,1	3,2	1,9	1,8	2,2
1995	15	9	4,7	4,3	3,2	2,0	1,9	2,1
2000	20	11	4,7	4,5	3,3	2,1	1,9	2,3
2005	26	12	4,6	4,3	3,1	2,1	1,9	2,4
2010	33	15	5,0	4,4	3,1	2,1	2,0	2,8
2011	35	16	5,0	4,4	3,1	2,1	2,0	2,9
2012	35	16	5,0	4,4	3,1	2,1	2,0	2,9
2013	36	16	4,5	4,3	3,1	2,1	2,0	2,8
2014	36	17	4,7	4,4	3,1	2,1	2,0	2,9
2015	37	17	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2016	37	17	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2017	38	17	5,0	4,5	3,2	2,1	2,0	2,9
2018	38	17	4,8	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2019	39	17	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2020	39	17	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2021	39	17	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9

Notes :

a. Dans le cas des génisses laitières, les coefficients d'émission ont été estimés à l'aide des mêmes B₀, FCM et systèmes de gestion des fumiers que pour les vaches laitières.

b. Inscrit en kg animal⁻¹ année⁻¹, mais les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

A3.4.3.6. Coefficients d'émission de CH₄ attribuables à la gestion des fumiers de porcs

Les coefficients d'émission pour les porcs sont établis pour calculer les émissions de CH₄ attribuables aux systèmes de gestion des fumiers et varient selon la sous-catégorie d'animaux et au fil du temps (Tableau A3.4–20).

Une série chronologique provinciale de coefficients d'émission a été établie à partir des données sur le porc afin de refléter 1) la variation dans les taux de conversion généraux du méthane selon les changements dans les pratiques de gestion des fumiers, et 2) les changements dans les taux de croissance et le poids vif des porcs de marché par catégorie de poids, tel qu'il est expliqué dans les sections A3.4.3.4 et A3.4.1.2, respectivement. Le coefficient d'émission pour les porcs est d'abord calculé au moyen des valeurs des SV tirées de Marinier et al. (2004), en incorporant les informations scientifiques les plus récentes sur le B₀ et le FCM, tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Les taux d'excrétion annuels de SV sont ensuite recalculés en utilisant la masse animale de l'année de l'enquête de Marinier, et sont exprimés en tant que SV par 1000 kg de masse animale. Enfin, les SV sont mis à l'échelle au fil du temps en fonction de la série chronologique sur la masse animale type des porcs.

Tableau A3.4–20 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH₄ issues de la gestion des fumiers de porcs, par sous-catégories, de 1990 à 2021

Année	CE _{(MM)T} (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)				
	Verrats	Truies	Porcs (< 20 kg)	Porcs (20–60 kg)	Porcs (> 60 kg)
1990	7,0	7,3	2,2	4,5	8,3
1995	7,0	7,2	2,2	4,5	8,4
2000	7,0	7,2	2,2	4,5	8,5
2005	7,0	7,1	2,2	4,4	8,5
2010	7,0	7,0	2,2	4,4	8,7
2011	7,0	7,0	2,1	4,3	8,7
2012	7,0	7,0	2,1	4,3	8,8
2013	7,0	7,0	2,1	4,3	8,9
2014	7,0	7,0	2,1	4,4	8,9
2015	7,0	7,0	2,2	4,3	9,0
2016	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2017	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2018	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2019	7,0	7,0	2,2	4,3	9,2
2020	7,0	7,0	2,2	4,3	9,3
2021	7,0	7,0	2,1	4,3	9,4

Les coefficients d'émission pour les porcs dans les catégories de faibles poids et de poids moyens diminuent quelque peu au fil du temps en raison d'augmentations dans le taux de gain de poids et d'augmentations dans le coefficient de conversion du méthane. Par ailleurs, une augmentation croissante dans le coefficient d'émission de la catégorie de poids supérieurs reflète des augmentations dans le poids vif. Une petite diminution dans le coefficient d'émission pour les truies au fil du temps découle de changements proportionnels dans les populations d'animaux provinciaux, ce qui se traduit par une diminution générale dans les SV.

A3.4.3.7. Coefficients d'émission de CH₄ attribuables à la gestion des fumiers pour tous les autres animaux

Les coefficients d'émission attribuables aux systèmes de gestion des fumiers pour les animaux autres que les porcs et les bovins varient selon les sous-catégories d'animaux, mais sont constants dans le temps (Tableau A3.4–21). Dans le cas des plus grandes catégories d'autres animaux, soit les moutons et les volailles, on tient compte des étapes de croissance. Les coefficients d'émission pour les moutons, les agneaux, les chèvres, les chevaux, les bisons, les lamas et alpagas et la volaille sont calculés au moyen de la méthode de niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les solides volatils sont tirés de Marinier et al. (2004); toutefois, puisque le présent rapport était basé sur les Lignes directrices 2006 du GIEC, les coefficients ont été recalculés afin d'incorporer les informations scientifiques les plus récentes sur le B₀ et le FCM, tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Des valeurs substitutives sont utilisées pour les catégories animales très mineures qui représentent moins de 0,2 % des émissions agricoles totales, comme il est décrit à la section A3.4.3.

Les coefficients d'émission associés à d'autres catégories mineures tendent à être faibles à cause de l'importante proportion de fumier épandu sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos, ou sous forme solide, dans les enclos et les parcs clôturés. Les coefficients d'émission calculés selon la méthode de niveau 1 du GIEC présentés dans le Tableau 10.15 du Chapitre 10 des Lignes directrices 2006 du GIEC sont utilisés pour les élans et chevreuils, les renards, les visons, les lapins et les mules et ânes, et représentent moins de 0,1 % des émissions agricoles totales.

Tableau A3.4–21 Coefficients d'émission de CH₄ pour la gestion des fumiers de tous les autres animaux d'élevage, 2021

Catégories d'animaux autres que les bovins	Coefficients d'émission pour la gestion des fumiers CE _(MM) (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,33
Agneaux	0,22
Chèvres	0,32
Chevaux	2,6
Bisons	2,1
Élans et chevreuils	0,22
Sangliers ^a	0,56
Renards	0,68
Visons	0,68
Lapins	0,08
Mules et ânes	0,76
Volaille	
Poulets	0,03
Poules	0,11
Dindes	0,10
Note :	
a. Coefficient d'émissions basé sur les SV établis pour les porcs, dans l'hypothèse de 100 % de fumiers solides.	

A3.4.3.8. Évaluation du choix des paramètres par rapport à des travaux de recherche canadiens

La catégorie de Gestion des fumiers faisait l'objet d'un processus d'AQ/CQ de niveau 2 pour le secteur de l'Agriculture (MacDonald et Liang, 2011) dans le rapport de 2011, ce qui comprenait un examen et une compilation d'études canadiennes sur les émissions de méthane issues du stockage de fumier.

Peu d'études ont été effectuées pour mesurer les émissions issues du stockage des fumiers ou quantifier les caractéristiques du fumier et les modes de stockage du fumier qui influent sur les émissions, au Canada. Les coefficients d'émission observés sont très variables, et c'est aussi le cas des techniques de mesure. Compte tenu de la variabilité méthodologique, il est extrêmement difficile de comparer des paramètres particuliers utilisés dans les calculs de niveau 2. Le FCM du fumier liquide stocké, estimé à partir de mesures effectuées sur place, a varié de plus de 100 % (ce qui porte à croire que le B₀ est également sous-estimé) jusqu'à aussi peu que 14 % dans le cas du fumier de porcs, et de 4 % à 62 % dans le cas de celui des bovins laitiers, sans mesures d'atténuation en place (Kaharabata et al., 1998; Massé et al., 2003, 2008; Wagner-Riddle et al., 2006; Laguë et al., 2005; Park et al., 2006, 2010; VanderZaag et al., 2009, 2010). Quelques études ont été effectuées au Canada sur les émissions issues de fumiers solides et d'autres méthodes de stockage (compostage) (Pattey et al., 2005; Xu et al., 2007; Hao, 2007; Hao et al., 2001b, 2008, 2009, 2010a, 2010b). Comme c'est le cas pour les systèmes de gestion des fumiers liquide, la variabilité des émissions et des méthodes rend difficiles les comparaisons avec les paramètres du GIEC.

Godbout et al. (2010) ont effectué une analyse d'un petit échantillon d'exploitations agricoles de l'Est du Canada et supposé que les valeurs de B₀ pour les catégories des Porcs, des Bovins non laitiers et des Bovins laitiers étaient de 0,47-0,42, 0,21-0,19 et 0,35-0,30 m³ de CH₄ par kg de solides volatils respectivement. Les valeurs pour les Bovins non laitiers et les Porcs sont conformes aux valeurs par défaut du GIEC, mais les bovins laitiers font exception, les valeurs de B₀ observées étant 50 % plus élevées que les valeurs par défaut. VanderZaag et al. (2018) ont estimé les valeurs de B₀ pour le fumier brut de deux fermes à 0,248 (ET=2) et à 0,247 (ET=6). D'autres analyses de B₀ sont nécessaires pour de nombreuses régions et pratiques de production.

Les quantités de solides volatils stockés dans les systèmes de gestion des fumiers pour différentes catégories d'animaux tendent à être conformes avec les quantités estimées dans les calculs d'inventaire. La variabilité observée dans les études est donc probablement due à une combinaison de différences dans les méthodes de mesure, à la variabilité des caractéristiques des fumiers (B₀) et à des différences dans un certain nombre de facteurs physiques et biochimiques correspondant à chaque situation expérimentale, qui ne sont pas pris en compte dans l'approche de niveau 2 du GIEC. Ces facteurs comprennent, entre autres : la température, la composition des fumiers, les dimensions des installations de stockage du fumier, la durée de stockage et les procédures de nettoyage des installations de stockage, tous ces facteurs pouvant influencer sur les émissions issues du stockage des fumiers (Pattey et al., 2005; Laguë et al., 2005; Park et al., 2006, 2010; Wagner-Riddle et al., 2006;

Massé et al., 2008; VanderZaag et al., 2009, 2010). Qui plus est, ces facteurs ne sont pas contrôlés dans le cadre des études, ce qui rend les comparaisons encore plus difficiles. Des études factorielles plus normalisées sont nécessaires pour comprendre le poids relatif des facteurs importants qui influent sur les émissions issues du stockage des fumiers et pour affiner les méthodes d'estimation des émissions.

Compte tenu des résultats de recherche actuels, aucun biais précis ne peut être déterminé dans les résultats des systèmes de gestion des fumiers, étant donné qu'il n'y a pas de norme claire permettant d'évaluer si les paramètres du GIEC sont appropriés pour estimer les émissions issues des systèmes de gestion des fumiers.

Desjardins et al. (2018) ont mesuré le flux de CH_4 pour les systèmes complets des exploitations agricoles, dont les émissions attribuables aux processus de gestion des fumiers et à la fermentation entérique prises par aéronef, et ont comparé des estimations descendantes avec une estimation d'inventaire ascendante ajustée en fonction de l'empreinte pour les émissions dans une région agricole de l'est de l'Ontario, au Canada. Ils ont conclu que lorsqu'un milieu humide situé dans l'empreinte du flux représente moins de 10 %, les estimations descendantes et ascendantes s'inscrivaient dans les limites de l'erreur de mesure. Toutefois, ils ont constaté que les flux de CH_4 descendants surestimaient considérablement les émissions de méthane lorsque la contribution des milieux humides n'était pas prise en compte dans les sources possibles. La cartographie à petite échelle des milieux humides était nécessaire pour quantifier efficacement les sources naturelles d'émissions de méthane. Lorsque les estimations à partir des deux méthodes étaient incompatibles, l'écart était lié à une augmentation de la zone fractionnée de milieux humides dans l'empreinte de flux et à une augmentation de la température de surface.

A3.4.3.9. Incertitude concernant les émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers

Les émissions de méthane attribuables aux systèmes de gestion des fumiers ont été prises en compte dans l'analyse d'incertitude exhaustive dont il est question à la section A3.4.2.4. Comme c'était le cas pour le processus de fermentation entérique, l'analyse a été fondée sur une étude récente de Karimi-Zindashty et al. (2012) et sur un principe de précaution selon lequel on a intentionnellement établi avec prudence les distributions de probabilité des paramètres pour lesquels on possédait très peu d'information (Tableau A3.4–22). Il existe très peu de données sur les distributions de probabilité des coefficients utilisés dans les méthodes de gestion des fumiers de niveau 2 du GIEC; donc, la principale source de distributions de probabilité a été l'avis des experts, et plus particulièrement les avis présentés dans le rapport de Marinier et al. (2004). Comme pour la méthode pour la fermentation entérique, l'incertitude relative pour l'analyse de 2012 a été appliquée à l'année en cours et aucune nouvelle analyse d'incertitude n'a été menée pour les changements à la méthodologie pour les bovins laitiers.

L'incertitude sur les populations des catégories clés d'animaux est la même que celle dont il est question à la section A3.4.2.3; les distributions utilisées pour déterminer les incertitudes sont présentées au Tableau A3.4–12.

Les paramètres utilisés pour calculer des coefficients d'émission de niveau 2 pour les systèmes de gestion des fumiers de tous les animaux peuvent être divisés en deux catégories : les paramètres associés aux calculs des solides volatils, et les paramètres propres aux calculs des coefficients d'émission de niveau 2 du GIEC. Les intervalles de confiance attribués aux coefficients utilisés aux fins du calcul des solides volatils étaient relativement petits comparativement à ceux utilisés pour calculer des coefficients d'émission. À l'exception de la teneur en cendres des fumiers, les paramètres tendant à être inférieurs à 10 %, surtout parce que des paramètres tels que la MSI et DA % sont des valeurs que les producteurs connaissent très bien et qui permettent un certain degré de confiance. Pour ce qui est des bovins, les solides volatils varient en fonction de l'EB consommée et présentent subséquemment une variabilité similaire à celle du coefficient d'émission établi pour la fermentation entérique (± 19 %).

La plupart des distributions de probabilité pour les coefficients utilisés dans les équations de niveau 2 du GIEC servant à calculer les coefficients d'émission sont directement tirées des travaux de Karimi-Zindashty et al. (2012), qui ont établi les distributions à partir des opinions d'experts énoncées dans le rapport de Marinier et al. (2004), ou directement des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'incertitude quant au B_0 provient des travaux de Marinier et al. (2004), mais aucune source fiable n'a pu être trouvée pour l'estimation de l'incertitude liée au FCM. Dans le cadre de l'étude actuelle, une grande plage d'incertitude (± 45 % de la moyenne) a été utilisée, d'après l'avis d'experts; le choix de cette valeur indique simplement que le degré de confiance à l'égard du FCM est faible. La valeur réelle de l'estimation de l'incertitude totale liée aux systèmes de gestion des fumiers doit donc être considérée comme étant hautement tributaire d'une valeur et d'une fonction de distribution de probabilité qui sont très incertaines.

Contrairement à l'étude de Karimi-Zindashty (2012), l'analyse actuelle a été fondée sur une distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers; les plages d'incertitude ont été estimées à partir des valeurs indiquées dans différents rapports (Koroluk et Bourque, 2003; BPR-Infrastructure, 2008) et enquêtes (Sheppard et al., 2009, 2010, 2011; Sheppard et Bittman, 2011) provinciaux et nationaux. Dans le cas des bovins laitiers, on a établi la limite inférieure concernant les systèmes de gestion des fumiers liquide en comparant différents rapports selon lesquels le fumier traité par des systèmes de gestion des fumiers liquide pouvait présenter une variation allant jusqu'à plus ou moins 10 % par rapport à l'estimation de Marinier et al. (2005). De plus, les systèmes de gestion des fumiers liquide ont semblé gagner du terrain de façon continue au fil du temps. La limite supérieure a donc été établie à 25 %, d'après le taux d'adoption des systèmes de gestion des

fumiers liquide indiqué par BPR-Infrastructure (2008) et le nombre d'années écoulé depuis l'étude de Marinier et al. (2005). Dans le cas des porcs, la limite supérieure concernant les systèmes de gestion des fumiers liquide a été fixée à 100 %. Les limites inférieures concernant les autres systèmes de gestion des fumiers pour tous les types d'animaux ont été fixées à 0, ce qui tend également à désaxer les distributions de probabilité. Cette approche a entraîné des distributions non symétriques pour tous les systèmes de gestion des fumiers. L'approche utilisée a causé une augmentation de l'incertitude liée à chaque système de gestion des fumiers par rapport à l'étude Karimi-Zindashty, mais a probablement réduit son effet sur l'incertitude liée aux émissions nationales, car les systèmes de gestion des fumiers ont été répartis à l'échelle provinciale, et la somme des systèmes de gestion des fumiers a été fixée à 100 %.

L'analyse des tendances réalisée à l'aide du MSEC a permis de quantifier l'incertitude liée à l'ampleur de la variation des émissions avec le temps pour ce qui est des systèmes de gestion des fumiers. Tout comme dans le cas de la méthode pour la fermentation entérique, pour la tendance à long terme, on a calculé les émissions pour 1990 et pour 2013 simultanément, et dans les estimations, on a permis uniquement aux paramètres dépendants du temps de varier de façon indépendante. Une description détaillée de l'analyse des tendances est donnée à la section A3.4.2.4. Les paramètres qui pouvaient varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances relative aux systèmes de gestion des fumiers étaient les populations animales, la production laitière et la teneur en matières grasses chez les bovins laitiers, le poids des bovins de boucherie et le SGF (indiqués par un « 7 » en indice supérieur au Tableau A3.4–12 et par un « 5 » en indice supérieur au Tableau A3.4–22). Avant 2004, la limite inférieure pour les SGF liquides était calculée d'après le taux d'adoption des systèmes de gestion des fumiers liquide et le nombre d'années écoulées depuis l'étude de Marinier et al. (2005), tout comme pour la limite supérieure. Cette méthode a donné lieu à des distributions non symétriques pour tous les systèmes de gestion des fumiers et, pour ce qui est de l'analyse des tendances, elle a modifié la symétrie des distributions de probabilité des systèmes liquides entre l'année de référence et l'année en cours. L'incertitude des tendances pour l'année 2018 était fondée sur l'analyse des tendances pour 2012.

Le sommaire des résultats de l'analyse d'incertitude portant sur les émissions attribuables aux systèmes de gestion des fumiers est présenté au Chapitre 5. En résumé, la plage d'incertitude utilisée pour déterminer l'incertitude rapportée au Chapitre 5 pour les émissions de 2014 provenant de la gestion des fumiers est de 60 % (-32 % à +27 % de la moyenne). Comme c'est le cas pour les résultats relatifs à la fermentation entérique, les coefficients d'émission représentent la majeure partie de l'incertitude. Les coefficients d'émission se situent dans une plage d'incertitude de -34 % à +62 % pour la catégorie des bovins non laitiers, et une plage de -60 % à +50 % pour les bovins laitiers. Les coefficients d'émission établis pour la catégorie des porcs, qui constituent la catégorie affichant la plus importante contribution aux émissions provenant de la gestion des fumiers, se situent dans une plage d'incertitude -51 % à +43 %. La contribution de tous les autres animaux aux émissions totales est faible, c'est-à-dire de 0,19 Mt d'éq. CO₂ dans une plage d'incertitude de 0,13 (-35 % de la moyenne) à 0,23 (+15 % de la moyenne). Dans l'ensemble, comme c'était le cas pour les résultats relatifs à la fermentation entérique, les émissions moyennes estimées pour les catégories des bovins laitiers et des bovins non laitiers à l'aide du modèle stochastique sont légèrement plus élevées que celles calculées à l'aide de modèles non stochastiques et tendent à être légèrement biaisées vers la limite inférieure, ce qui indique une tendance à la hausse des émissions. Toutefois, les émissions moyennes estimées pour les porcs et les autres animaux à l'aide du modèle stochastique sont légèrement inférieures aux estimations d'émissions, et la distribution des estimations d'émissions tend à être légèrement biaisée vers la limite supérieure, ce qui indique une tendance à la baisse des émissions. Cette distribution asymétrique est manifeste lorsqu'on observe la plage d'incertitude des coefficients d'émission (p. ex. 34 % à +62 % pour les bovins non laitiers). L'asymétrie de la plage d'incertitude est vraisemblablement due à une combinaison des distributions de probabilité asymétriques concernant les systèmes de gestion des fumiers, et des facteurs ayant influé sur la distribution des estimations des émissions provenant de la fermentation entérique pour les bovins, et plus particulièrement les distributions asymétriques concernant la semi-finition des animaux de boucherie et la distribution uniforme utilisée pour l'énergie nette mobilisée par la perte de poids pendant la lactation chez les bovins laitiers.

En se basant sur l'analyse de tendance, il n'y a pas eu d'augmentation détectable des émissions dues à la gestion des fumiers depuis 1990, les variations pouvant aller d'une diminution de -10 % à une augmentation de 8 %, bien qu'il soit probable qu'il y ait eu une augmentation des émissions d'environ 5,5 %. L'hypothèse selon laquelle le stockage de fumier liquide et le stockage d'autres types de fumier ont augmenté avec le temps influe sur la tendance. Ainsi, en Ontario en 1990, dans le cas des bovins laitiers, la distribution triangulaire utilisée pour le pourcentage de fumier traité dans les systèmes de gestion des fumiers liquides s'appuyait sur une limite inférieure de 16 %, une valeur plus probable de 40 % et une limite supérieure de 42 %; en 2010, la limite inférieure était de 37 %, la valeur plus probable de 40 % et la limite supérieure de 59 %. L'utilisation d'une distribution asymétrique, ce qui indique qu'il y a une probabilité accrue qu'un moins grand nombre de bêtes aient été élevées selon des systèmes de gestion des fumiers liquides par le passé, vient contrebalancer l'augmentation des populations animales. Par conséquent, il est dans l'ensemble improbable qu'avec le temps il y ait une augmentation des émissions attribuables à la gestion des fumiers, et notamment dans le cas des bovins de boucherie.

La plage d'incertitude de l'analyse effectuée en 2012 était légèrement inférieure à celle de l'analyse précédente (2 %), ce qui est probablement dû à la combinaison de valeurs d'incertitude plus basses pour les populations d'animaux selon le recensement et de modifications des limites d'incertitude relatives aux SGF avec l'ajout de deux années à la période du relevé original. Dans l'ensemble, la plage d'incertitude des émissions provenant de la gestion des fumiers, établie par

la présente analyse, est légèrement inférieure aux données indiquées par Karimi-Zindashty et al. (2012), les proportions de fumiers traités selon les différents systèmes de gestion des fumiers ayant été réparties à l'échelle provinciale dans la présente analyse, alors qu'une moyenne nationale a été utilisée dans la publication de 2012. Monni et al. (2007) ont estimé à environ ± 30 % l'incertitude liée au coefficient d'émission de CH_4 attribuable à la gestion des fumiers, en se fondant uniquement sur l'opinion d'experts. Comme c'était le cas pour la fermentation entérique, Karimi-Zindashty et al. (2012) ont démontré que la majeure partie de l'incertitude associée à l'approche de quantification de la gestion des fumiers est due à l'utilisation de paramètres par défaut du modèle du GIEC qui sont appliqués à l'échelle nationale, et plus particulièrement du FCM. En calculant des FCM pour différentes régions et différentes structures de stockage, on pourrait réduire l'incertitude de manière significative. De futurs travaux porteront sur l'incertitude des tendances et l'amélioration des distributions de probabilité concernant des paramètres propres au pays qui existent déjà dans l'approche. Comme le FCM guide l'incertitude liée à la catégorie de la gestion des fumiers, on ne croit pas que des changements dans les méthodes liées aux bovins laitiers ou aux porcs auraient une incidence considérable sur l'incertitude associée à la gestion des fumiers nationale. Cependant, l'introduction d'une série chronologique de SGF pour le secteur des bovins laitiers et des porcs pourrait jouer un rôle important lorsqu'il s'agit d'influer sur l'incertitude des tendances pour les émissions associées aux systèmes de gestion des fumiers.

Tableau A3.4–22 Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers

Catégorie de paramètre	Paramètre/catégorie ou sous-catégorie d'animaux	Type de distribution	Plage d'incertitude		Catégorie spatiale/animale	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes
			Plage	Valeur la plus probable ^a		
Calcul des solides volatils (équations A3.4–6 et A3.4–7)						
Matière sèche ingérée (MSI)						
- Porcs		Triangulaire			National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Verrats		1,2–3,4	2,28		
	Truies		2,0–2,5	2,25		
	Porcs < 20 kg		0,55–0,72	0,68		
	Porcs 20–60 kg		0,63–2,1	1,75		
	Porcs > 60 kg		2,1–3,3	2,7		
- Volaille						
	Poules pondeuses		7,4–9,9	9,85		
	Poulets à griller		0,085–0,088	0,086		
	Dindes		0,23–0,53	0,27		
- Autres animaux d'élevage						
	Moutons		1,2–3,0	2		
	Agneaux	1,2–1,6	1,35			
	Chèvres	1,4–2,3	1,75			
	Chevaux	7,4–9,9	9,85			
	Buffles	6,8–10,1	8,43			
Cendres						
- Bovins		Triangulaire	3,9–11	8	National/catégorie ^b	Marinier et al. (2004)
- Porcs			3,9–11	4,8–5,1		
- Volaille	Poules pondeuses		3,9–11	10		
	Poulets à griller		3,9–11	7		
	Dindes		3,9–11	5		
- Autres animaux d'élevage						
	Moutons		3,9–11	8		
	Agneaux		3,9–11	8		
	Chèvres		3,9–11	8		
	Chevaux		3,9–11	4		
	Buffles		3,9–11	8		

Tableau A3.4–22 Incertitudes sur les données d'entrée, sources d'incertitude et catégories spatiale et animale auxquelles l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins d'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers (suite)

Catégorie de paramètre	Paramètre/catégorie ou sous-catégorie d'animaux	Type de distribution	Plage d'incertitude		Catégorie spatiale/animale	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes		
			Plage	Valeur la plus probable ^a				
Énergie digestible (ED)								
- Bovins		Normale	Pâturage ±9 % Confinement ±9 % Semi-finition ±7,5 % Aliments préparés ±5,5 %		Provincial/sous-catégorie de production	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services		
- Porcs			±9 %		Provincial/catégorie			
- Volaille			±5,5 %		National/sous-catégorie			
Poulets à griller								
Dindes								
- Autres animaux d'élevage								
Moutons			±9 %		Provincial/catégorie			
Agneaux					Provincial/catégorie			
Chèvres					Provincial/catégorie			
Chevaux					Provincial/catégorie			
Buffles					Provincial/catégorie			
Calcul des coefficients d'émission (Équation A3.4–6)								
Facteur de conversion du méthane (FCM)								
	Tous les animaux	Normale	±45 %		National	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts		
Potentiel maximal de production de méthane (B ₀)								
	Bovins laitiers	Triangulaire	0,1–0,24	0,24	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006) / Marinier et al. (2004)		
	Bovins non laitiers		0,19–0,33	0,19				
	Porcs		0,32–0,48	0,48				
	Volaille		0,24–0,39	0,32				
	Moutons et agneaux		0,19–0,36	0,19				
	Chèvres		0,15–0,19	0,18				
	Chevaux		0,30–0,36	0,3				
	Buffles		0,19–0,33	0,19				
Système de gestion des fumiers (SGF) ^d								
	Bovins laitiers	Triangulaire	LI : VPP - 10 % LS : VPP + 25 %	VPP de Marinier et al. (2005)	Provincial/catégorie	Opinion d'experts, limites fondées sur l'interprétation de multiples sources de données Variable à corrélation interne ^c On a autorisé la variation des systèmes liquides selon des distributions triangulaires non symétriques		
	Porcs		LI : VPP - 10 % LS : 100 %	VPP de Marinier et al. (2005)				
	Bovins non laitiers	Normale	±17 %			Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne ^c		
	Volaille							
	Moutons et agneaux							
	Chèvres							
	Chevaux							
	Buffles							

Notes :

VPP = valeur la plus probable; LI = limite inférieure; LS = limite supérieure

a. Indication de la valeur la plus probable lorsque la distribution est triangulaire; simple indication de ± % pour les distributions normales.

b. La teneur en cendres peut varier d'une province à l'autre pour les porcs.

c. La corrélation interne indique des valeurs exprimées en proportion d'un tout, c'est-à-dire en proportion d'un total équivalant à 100 %.

d. Valeurs qui ont pu varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances.

A3.4.4. Émissions de N₂O attribuables à la gestion des fumiers

Les émissions de N₂O attribuables aux systèmes de gestion des fumiers découlent de la minéralisation des matières organiques ainsi que de la nitrification et de la dénitrification du N minéral, directement et indirectement.

A3.4.4.1. Émissions directes de N₂O attribuables à la gestion des fumiers

Trois facteurs sont nécessaires pour estimer, à l'aide de la méthode de niveau 1 du GIEC, les émissions de N₂O attribuables à ces systèmes : 1) les taux d'excrétion de N pour les diverses catégories et sous-catégories d'animaux; 2) les types de systèmes de gestion des fumiers; et 3) les coefficients d'émission associés à chacun des systèmes de gestion des fumiers.

Comme on l'a vu précédemment dans la section A3.4.3, des coefficients d'émission par défaut ou des sources d'information propre au pays sont parfois utilisés pour les catégories d'animaux mineures en tant que variables substitutives logiques basées sur les similitudes des espèces, lorsqu'aucune autre information n'est disponible. Les valeurs substitutives suivantes et le jugement d'experts sont utilisés dans le calcul des émissions de N₂O, en plus de celles déjà citées à la section A3.4.3 :

- Le taux d'excrétion de N pour les porcs est utilisé pour représenter les sangliers.
- Le taux d'excrétion de N pour les moutons est utilisé pour représenter les agneaux, ainsi que les lamas et les alpagas.
- Le taux d'excrétion de N pour les buffles est utilisé pour représenter les bisons.
- Le taux d'excrétion de N pour les Autres bovins est utilisé pour représenter les cerfs et les élans.

Taux d'excrétion de N pour diverses espèces d'animaux d'élevage

Dans le cas de la catégorie des Bovins laitiers, la méthode de niveau 2 des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisée. La rétention de N provenant de la production de lait et du gain de poids est calculée à l'aide de l'Équation 10.33 tirée du chapitre 10 du volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC. La rétention de N provenant de la gestation a également été estimée à l'aide d'une approche propre au pays. Le taux de gain de poids du fœtus a été estimé selon le poids moyen supposé d'un veau à la naissance de 40 kg (Farm & Food Care Ontario, 2013) et une période de gestation de 276 jours. La rétention de N attribuable à la croissance du fœtus d'une vache en gestation a été pondérée sur 365 jours pour prendre en compte sa contribution au taux annuel d'excrétion de N. L'apport en azote provenant de l'alimentation a augmenté de manière constante depuis 1990, afin de répondre aux besoins en protéine associés à une production soutenue de lait (Tableau A3.4–4) et, par conséquent, une augmentation correspondante dans les taux d'excrétion de N associés aux vaches laitières (Tableau A3.4–23) a été calculée.

Dans le cas de la catégorie des Bovins non laitiers, les valeurs annuelles de poids vif (section A3.4.1.1) ont été multipliées par le taux d'excrétion de N par défaut du GIEC (GIEC, 2006) pour donner une série chronologique des taux d'excrétion de N du fumier (Tableau A3.4–23).

Tableau A3.4–23 **Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les bovins (kg N animal⁻¹ année⁻¹)**

Année	(kg N animal ⁻¹ année ⁻¹)							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage ^a	Bouvillons ^a	Veaux
1990	107	72	88	58	45	45	48	27
1995	110	72	99	65	50	55	57	27
2000	114	73	103	70	54	60	61	27
2005	116	73	102	68	52	61	61	26
2010	123	76	113	69	53	62	63	27
2015	123	76	111	74	56	65	66	27
2016	123	76	112	75	58	66	67	27
2017	121	76	114	75	57	65	66	26
2018	122	76	108	75	57	66	67	26
2019	122	76	107	74	57	66	68	26
2020	122	76	107	74	57	67	68	27
2021	123	76	111	74	57	67	68	27

Notes :

Le taux d'excrétion d'azote pour les bovins de boucherie est de 0,31 kg N 1000 kg⁻¹ jour⁻¹ (GIEC, 2006, tableau 10.19). Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

a. Les valeurs sont corrigées en fonction de la durée de vie des animaux destinés à l'abattage.

Dans le cas de la catégorie des Porcs, des paramètres distincts ont été utilisés pour estimer le taux d'excrétion de N de sous-catégories d'animaux de reproduction et d'animaux de marchés. Dans le cas des porcs de marché, des augmentations dans le taux de croissance et le poids vif ont été utilisées pour établir une série chronologique de la masse animale propre au pays par étape de production, qui a été multipliée par le taux d'excrétion de N tiré du tableau 10.19 des Lignes directrices 2006 du GIEC. Dans le cas des animaux de reproduction, le taux d'excrétion de N par défaut du GIEC a été multiplié par la masse animale par défaut du GIEC.

Les taux d'excrétion annuels de N du fumier pour tous les autres types d'animaux varient selon la catégorie d'animaux d'élevage, selon les valeurs par défaut de niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006). Le taux d'excrétion associé à la volaille est élevé (Tableau A3.4–25), alors que les chevaux et les bisons présentent les plus faibles taux d'excrétion. Cependant, sur une base individuelle, les bisons présentent les taux d'excrétion de N les plus élevés en raison de leur taille. Les valeurs par défaut de niveau 1 pour les animaux à fourrure et les lapins présentent des taux d'excrétion exceptionnellement élevés compte tenu de leur taille (Tableau A3.4–25), mais sont censées être fondées sur les animaux reproducteurs et leur attribuent tout le fumier produit à la ferme.

Tableau A3.4–24 Série chronologique des taux d'excrétion de N provenant du fumier pour les porcs
(kg N animal⁻¹ année⁻¹)

Année	(kg N animal ⁻¹ année ⁻¹)				
	Truies	Verrats	Porcs (< 20 kg)	Porcs (20–60 kg)	Porcs (> 60 kg)
1990	17	17	1,3	5,7	11,9
1995	17	17	1,3	5,8	12,1
2000	17	17	1,3	5,7	12,4
2005	17	17	1,3	5,7	12,4
2010	17	17	1,3	5,7	12,8
2015	17	17	1,3	5,6	13,2
2016	17	17	1,3	5,6	13,4
2017	17	17	1,3	5,6	13,4
2018	17	17	1,3	5,6	13,5
2019	17	17	1,3	5,6	13,6
2020	17	17	1,3	5,6	13,7
2021	17	17	1,3	5,6	13,8

Note :

Les taux d'excrétion d'azote pour les porcs de reproduction et les porcs de marché proviennent de la version la plus récente du chapitre 10 des Lignes directrices 2006 du GIEC, volume 4, tableau 10.19, en unité de kg N (1000 kg)⁻¹ jour⁻¹. Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Tableau A3.4–25 Taux d'excrétion de N provenant du fumier pour tous les autres animaux

Catégories d'animaux	Taux d'excrétion d'azote ^a (kg N 1000 kg ⁻¹ jour ⁻¹)	Poids corporel moyen ^b (kg)	Taux d'excrétion annuel d'azote par le fumier (kg N animal ⁻¹ année ⁻¹)
Moutons	0,42	27	4,1
Agneaux	0,42	27	4,1
Chèvres	0,45	64	10,5
Chevaux	0,3	450	49,3
Lamas et alpagas	0,42	112	17,2
Bisons	0,32	580	67,7
Poules	0,83	1,8	0,5
Poulets à griller	1,1	0,9	0,4
Dindes	0,74	6,8	1,8
Élans et chevreuils	0,31	120	13,6
Sangliers ^c	0,40	61	11,1
Renards	12,1	1,8	7,9
Visons	4,6	1,8	3,0
Lapins	8,1	1,6	4,7
Mules et ânes	0,3	245	26,8

Notes :

a. Source des données : GIEC (2006).

b. Pour les buffles, le poids vif moyen provient du RIN des États-Unis.

c. Équivalent au taux d'excrétion général des porcs de 0,40 kg N (1000 kg)⁻¹ jour⁻¹ (tableau 10.19, GIEC, 2006). Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Coefficients d'émission associés aux SGF

Le type de SGF a une incidence considérable sur les émissions de N₂O. Les systèmes moins aérés, comme les systèmes liquides, génèrent peu de N₂O, tandis que les parcs d'élevage en produisent davantage. Cependant, on ne dispose au Canada que de fort peu de données scientifiques sur le volume des émissions de N₂O associées à un système quelconque de gestion des fumiers. Nous avons donc utilisé les coefficients d'émission par défaut du GIEC énumérés à l'Annexe 6 pour estimer ces émissions. Dans le cas des animaux d'élevage du secteur des bovins laitiers et des porcs, les coefficients d'émission de N₂O pondérés ont été calculés à l'aide de la proportion de fumier dans chaque sous-système de SGF (voir section A3.4.3.3), et les coefficients d'émission par défaut correspondants (Annexe 6) pour produire une série chronologique des coefficients d'émission de N₂O par SGF.

Le Tableau A3.4–18 résume la répartition des systèmes de gestion des fumiers au Canada, par catégorie d'animaux. Les émissions de N₂O attribuables au fumier présent dans les pâturages, les grands parcs et les enclos ne sont pas indiquées dans la catégorie Gestion des fumiers, puisqu'elles sont déclarées dans la catégorie Sols agricoles, section A3.4.5.1. Des données détaillées sur les populations d'animaux figurent à la section A3.4.1.

Les émissions directes de N₂O attribuables à la gestion des fumiers sont estimées comme suit à l'aide de la méthode de niveau 1 du GIEC (Équation A3.4–9) :

Équation A3.4–9

$$N_2O_{D(gf)} = \sum_i \sum_{SGF} (N_{i,T} \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T}) \times CE_{SGF} \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{D(gf)}$	=	émissions pour les toutes les catégories de SGF et d'animaux d'élevage, sauf les émissions de l'urine et du fumier déposés sur les pâturages, les grands parcs et les enclos, kg N ₂ O année ⁻¹
$N_{i,T}$	=	population animale pour la T ^e catégorie ou sous-catégorie animale par province <i>i</i>
$N_{i,SGF}$	=	pourcentage de N provenant de fumier traité par chaque SGF dans la province <i>i</i> , fraction (voir le Tableau A3.4–18)
$N_{EX,T}$	=	taux d'excrétion de N pour la T ^e catégorie ou sous-catégorie animale (voir le Tableau A3.4–23 pour les bovins et le Tableau A3.4–25 pour les animaux autres que les bovins), kg N animal ⁻¹ année ⁻¹
CE_{SGF}	=	coefficients d'émission de N ₂ O attribuable à la gestion des fumiers pour chaque SGF particulier (voir l'Annexe 6), kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N
$44/28$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

A3.4.4.2. Émissions indirectes de N₂O attribuables à la gestion des fumiers

Durant le stockage et la manutention du fumier, des pertes de N surviennent par les voies indirectes suivantes : 1) volatilisation de N du fumier sous forme de NH₃ et de NO_x, puis nouveau dépôt subséquent; 2) lessivage et ruissellement du N. Le lessivage est estimé seulement pour les Bovins laitiers et les Porcs, lorsque des renseignements propres au pays sur la fraction de N perdue attribuable au lessivage et au ruissellement sont disponibles. Ces déperditions de N du fumier peuvent engendrer des émissions de N₂O (Équation A3.4–10 et Équation A3.4–11).

Dans le cas des secteurs des Bovins laitiers et des Porcs, l'introduction d'une série chronologique de gestion des fumiers qui tenait compte d'une plus grande variété de conditions de stockage du fumier entraîne des changements dans la fraction du N du fumier qui est perdue pendant la période de déclaration (Tableau A3.4–27). Un passage des systèmes de stockage de fumier solide à des systèmes de stockage du fumier liquide, une augmentation du nombre de systèmes de stockage du fumier couverts et, dans le cas du secteur des Bovins laitiers, un changement dans le temps passé dans le pâturage ont entraîné une diminution de la proportion de N total perdu dans l'environnement au fil du temps. En l'absence de facteurs propres au pays pour la composante NO_x de Frac_{GasSGF} pour les Bovins laitiers et les Porcs, les pertes d'oxyde nitrique dues au stockage du fumier ont été estimées séparément à l'aide des coefficients d'émission de niveau 1 figurant dans le chapitre 3 de la partie B du document EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (AEE, 2019).

$$N_2O_{G(gf)} = \sum_i \sum_{SGF} (N_{i,T} \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T} \times \text{Frac}_{GazSG(T,SGF)}) \times CE_4 \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{G(gf)}$	=	émissions indirectes de N ₂ O imputables à la volatilisation de NH ₃ pour la gestion des fumiers, sauf les émissions imputables à l'urine et au fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, kg N ₂ O année ⁻¹
$N_{i,T}$	=	population de la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage dans la province i
$N_{i,SGF}$	=	pourcentage de N provenant de fumier traité par chaque SGF dans la province i, fraction (voir le Tableau A3.4-18)
$N_{EX,T}$	=	taux d'excrétion de N pour la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage (voir le Tableau A3.4-23 pour les bovins et le Tableau A3.4-25 pour les animaux autres que les bovins), kg N animal ⁻¹ année ⁻¹
$\text{Frac}_{GazSG(T,SGF)}$	=	fraction de N de fumier géré pour la catégorie d'animaux d'élevage T qui volatilise en tant que NH ₃ et NO _x dans le système de gestion des fumiers SGF (voir le Tableau A3.4-27 et le Tableau A3.4-28)
CE_4	=	coefficient d'émission résultant du dépôt atmosphérique de N (voir le Tableau A3.4-26)
44/28	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

$$N_2O_{L(gf)} = \sum_i \sum_{SGF} (N_{i,T} \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T} \times \text{Frac}_{LessSG(T,SGF)}) \times CE_5 \times \frac{44}{28}$$

$N_2O_{L(gf)}$	=	émissions indirectes de N ₂ O imputables au lessivage et au ruissellement de la gestion des fumiers, sauf les émissions imputables à l'urine et au fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, kg N ₂ O année ⁻¹
$N_{i,T}$	=	population de la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage dans la province i
$N_{i,SGF}$	=	pourcentage de N provenant de fumier traité par chaque SGF dans la province i, fraction (voir le Tableau A3.4-18)
$N_{EX,T}$	=	taux d'excrétion de N pour la catégorie ou sous-catégorie T d'animaux d'élevage (voir le Tableau A3.4-23 pour les bovins, le Tableau A3.4-24 pour les porcs et le Tableau A3.4-25 pour tous les autres animaux), kg N animal ⁻¹ année ⁻¹
$\text{Frac}_{LessSG(T,SGF)}$	=	fraction de pertes de N de fumier géré pour les bovins laitiers (voir le Tableau A3.4-28), les porcs (voir le Tableau A3.4-29) et les autres animaux (voir le Tableau A3.4-27) pour la catégorie T des animaux d'élevage, attribuables au lessivage et au ruissellement durant le stockage du fumier sous forme solide et liquide, SGF
CE_5	=	coefficient d'émission associé au lessivage et au ruissellement de N, 0,0075 kg N ₂ O-N (kg N lessivage/ruissellement) ⁻¹ (GIEC, 2006)
44/28	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Tableau A3.4-26 Application des CE₄ tirés de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, par écozone

Écozone	CE ₄ kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilisé) ⁻¹
Taïga des plaines	0,005
Bouclier boréal	0,014
Maritime de l'Atlantique	0,014
Plaines à forêts mixtes	0,014
Plaines boréales	0,005
Prairies	0,005
Maritime du Pacifique	0,014
Cordillère montagnarde	0,005
Notes :	
a. Les écozones représentent un niveau du Cadre écologique national pour le Canada.	
b. Les valeurs sont tirées du tableau 11.3 de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC, volume 4, chapitre 11.	

Tableau A3.4–27 **Pertes totales de N, de NH₃-N et de NO_x-N associées à divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers**

Catégorie d'animaux	Système de gestion des fumiers	Frac _(PerteSG,T) (%) ^a	Perte de NH ₃ -N et de NO _x -N (%) ^{a, b, c} (Frac _{GazSG,T})
Bovins non laitiers	Liquide	40 (15–45)	40 (15–45)
	Stockage de fumier solide	40 (20–50)	30 (20–50)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)
Moutons, agneaux, lamas, alpagas	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)
Chèvres et chevaux	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)
Élans et chevreuils	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Sangliers	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Renards	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Visons	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Lapins	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Mules et ânes	Stockage de fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
Volaille	Liquide	50	50
	Stockage de fumier solide	53 (20–80)	48 (10–60)
	Pâturages et enclos	-	20 (5–50)

Notes :

a. Les chiffres entre parenthèses indiquent une plage de valeurs.

b. Sources de données : Hutchings et al. (2001); EPA des États-Unis (2004); Rotz (2004).

c. Les pertes par lessivage des pâturages, des grands parcours et des enclos sont déclarées sous les émissions indirectes de N₂O des sols agricoles, et sont calculées à l'aide des mêmes paramètres que pour l'épandage de fumier azoté sur les sols agricoles.

Tableau A3.4–28 **Pertes totales de N, de NH₃-N et de NO_x-N associées aux systèmes de gestion des fumiers des bovins laitiers**

Année	Frac _(PerteSG,T) (%)			Perte par lessivage (%) (Frac _{LessSG,T})			Perte de NH ₃ -N et de NO _x -N (%) (Frac _{GazSG,T})		
	Liquide	Solide	Autre ^a	Liquide	Solide	Autre	Liquide	Solide	Autre
1990	12	23	0	0	3	0	11	17	0
1995	12	23	0	0	3	0	11	17	0
2000	13	23	0	0	3	0	11	17	0
2005	13	23	37	0	3	7	12	17	23
2010	10	23	35	0	3	5	9	17	24
2015	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2016	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2017	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2018	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2019	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2020	10	23	35	0	3	5	8	17	24
2021	10	23	35	0	3	5	8	17	24

Note :

a. Pour la catégorie des Bovins laitiers, « Autre » se rapporte uniquement au compostage de fumier solide.

Tableau A3.4–29 **Pertes totales de N, de NH₃-N et de NO_x-N associées aux systèmes de gestion des fumiers des porcs**

Année	Frac _(PerteSG,T) (%)		Perte par lessivage (%) (Frac _{LessSG,T})		Perte de NH ₃ -N et de NO _x -N (%) (Frac _{GazSG,T})	
	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide
1990	22	31	0	3,3	21	24
1995	23	31	0	3,3	21	24
2000	23	31	0	3,4	21	24
2005	23	31	0	3,3	21	23
2010	20	31	0	3,1	19	23
2015	20	30	0	2,9	18	23
2016	20	30	0	2,9	18	23
2017	20	30	0	2,9	18	23
2018	20	30	0	2,9	18	23
2019	20	30	0	2,9	18	23
2020	19	30	0	3,0	18	23
2021	19	30	0	2,9	18	23

A3.4.5. Émissions de N₂O des sols agricoles

Les émissions de N₂O des sols agricoles résultent d'apports anthropiques de N et empruntent des voies directes et indirectes. Les émissions directes proviennent des sols auxquels du N est ajouté. Les voies indirectes sont soit 1) la volatilisation des engrais azotés inorganiques et des fumiers azotés sous forme de NH₃ et de NO_x, et de leur dépôt subséquent, soit 2) le lessivage et le ruissellement de N.

L'azote est distribué dans le paysage selon la procédure suivante : 1) des taux d'application de N propres à la région sont calculés pour chaque type de culture; 2) une quantité « recommandée » de N est distribuée à chacun des 405 écodistricts au Canada en fonction du taux d'application et de la zone de chaque type de culture dans l'écodistrict; 3) la quantité totale de N de fumier disponible à appliquer sur les sols agricoles est calculée en fonction de la population d'animaux d'élevage dans l'écodistrict; 4) des biosolides sont épandus sur certains types de culture en fonction de la quantité de N « recommandée » restante après soustraction du N de fumier disponible de l'étape 3; 5) le N de fumier est épandu sur les cultures dans chaque écodistrict, en fonction des exigences restantes propres aux cultures après l'épandage des biosolides; 6) la quantité de N organique épandue (fumier + biosolides) est soustraite de la quantité « recommandée » initiale en vue de calculer la quantité des exigences en matière de N « théorique » qui ne sont pas satisfaites uniquement par des sources organiques; et 7) la quantité de N « théorique » est adaptée pour correspondre aux ventes provinciales totales d'engrais signalées par Statistique Canada; cette quantité corrigée représente l'engrais azoté inorganique épandu dans chaque écodistrict.

A3.4.5.1. Émissions directes de N₂O des sols agricoles

Les sources directes d'émissions attribuables aux sols agricoles sont les engrais azotés inorganiques, les engrais azotés organiques, l'urine et le fumier déposés sur les pâturages, les grands parcs et les enclos par les animaux au pacage, les résidus de culture, et la minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol et à la culture du sol organique. Les pratiques de travail du sol et l'irrigation peuvent également influencer sur les émissions de N₂O attribuables aux sols. Les coefficients d'émission de N₂O, pour la plupart des sources d'émissions directes, sont particuliers aux pays et tiennent compte des effets des régimes d'humidité, de l'emplacement du paysage, de la texture du sol, des systèmes de culture et des sources de N sur les taux de production et d'émission de N₂O. La méthode est conforme à l'approche décrite dans Liang et al. (2020), mais elle a été modifiée en fonction des commentaires des experts de la communauté scientifique canadienne, comme indiqué dans la présente section.

L'approche consiste à déterminer un coefficient d'émission de base (CE_Base) pour chacun des 405 écodistricts⁹, en utilisant les données à long terme sur les précipitations pendant la saison de croissance. Ce coefficient est ensuite modifié pour tenir compte des pratiques et des conditions propres au site. Chaque CE_Base a été établi selon les données sur les valeurs climatiques normales à long terme et les caractéristiques topographiques (Équation A3.4–12).

9 « Écodistrict » représente un niveau dans le cadre écologique national du Canada. Le pays comprend 1027 écodistricts, chacun caractérisé par un assemblage distinctif de relief, de formes de relief, de géologie, de sols, de végétation, de plans d'eau et de faune.

$$CE_Base_i = [CE_CT_{i,P=EP} \times F_{TOPOi} + CE_CT_{i,P} \times (1 - F_{TOPOi})] \times CR_TX_i$$

CE_Base_i	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour l'écodistrict i , tenant compte des régimes d'humidité, des conditions topographiques et de la texture des sols, kg N ₂ O-N kg N ⁻¹ année ⁻¹
$CE_CT_{i,P}$	=	coefficient d'émission, estimé à un P réel dans un écodistrict i , kg N ₂ O-N kg N ⁻¹ (Figure A3.4–3)
$CE_CT_{i,P=EP}$	=	coefficient d'émission, estimé à P = EP, dans un écodistrict i , kg N ₂ O-N kg N ⁻¹
$F_{TOPO,i}$	=	fraction de la superficie de l'écodistrict i dans la toposéquence inférieure (Liang et al., 2020)
P	=	précipitations moyennes à long terme, du 1 ^{er} mai au 31 octobre, dans l'écodistrict, mm
EP	=	évapotranspiration potentielle moyenne à long terme, du 1 ^{er} mai au 31 octobre dans l'écodistrict, mm
CR_TX_i	=	coefficient de rapport pondéré de la texture du sol sur les émissions de N ₂ O, pour l'écodistrict i

Coefficient d'émission de N₂O de base (CE_Base)

L'oxyde nitreux du sol étant principalement produit lors de la dénitrification, il est donc fortement influencé par l'état de l'oxygène dans le sol. De fait, il a été montré que dans des conditions limitées d'humidité, les coefficients d'émission de N₂O augmentent avec la quantité de pluie (Dobbie et al., 1999), et des coefficients d'émission variables selon le climat ont été utilisés pour estimer le N₂O présent dans le sol (Flynn et al., 2005). Cette même méthode a été utilisée pour estimer les coefficients d'émission à l'échelle de l'écodistrict, en fonction des précipitations (P) à long terme de la saison de croissance du 1^{er} mai au 31 octobre (Figure A3.4–4). La base de données météorologiques archivées d'AAC contient des renseignements sur 958 stations météorologiques¹⁰. Les données de ces stations (80°00' N.-41°55' N., 139°08' W.-52°40' W.), situées au Canada (758 stations) et aux États-Unis (200 stations), ont servi à interpoler les valeurs des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre, entre 1971 et 2000, aux centroïdes des écodistricts. Le Service météorologique du Canada d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a fourni les données météorologiques canadiennes.

Les coefficients CE_Base ont été établis selon la même méthode que celle utilisée par Bouwman (1996) pour déterminer le coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC, c'est-à-dire que l'élément CE_Base est égal à la pente de la relation entre les émissions de N₂O et le taux d'engrais azotés. L'élément CE_CT a été estimé à l'aide d'une méthode reposant sur une méta-analyse d'études canadiennes récentes (Rochette et al., 2018). Cette méthode suppose une relation exponentielle entre les coefficients d'émissions et les précipitations pendant la saison de croissance.

Afin de tenir compte des effets topographiques, chaque CE_CT a été calculé en utilisant P = EP (évapotranspiration potentielle à long terme, de mai à octobre) pour les sections inférieures des paysages (Liang et al., 2020). Cette condition a été appliquée à différentes fractions des paysages, selon leur type. Les données sur la segmentation des paysages ont été intégrées au calcul des estimations nationales des émissions de N₂O en se basant sur le fait que les émissions de N₂O sont plus élevées dans les sections inférieures du paysage, où les conditions de sol saturé par intermittence sont propices à la dénitrification (Corre et al., 1996, 1999; Pennock et Corre, 2001; Izaurralde et al., 2004). La fraction du paysage occupée par ces sections (FTOPO) a été établie comme représentant les portions concaves du paysage (c'est-à-dire les positions inférieures et dépressionnaires du paysage), où les sols sont probablement régulièrement saturés pendant de longues périodes et où ils sont drainés de façon imparfaite et comportent des marbrures¹¹ à moins de 50 cm de la surface. MacMillan et Pettapiece (2000) se sont servis de modèles altimétriques numériques pour caractériser l'étendue des portions supérieures, médianes, inférieures et dépressionnaires du paysage ainsi que leurs caractéristiques connexes (pente et longueur). Les résultats obtenus ont ensuite servi à déterminer la répartition proportionnelle des différents éléments du relief (p. ex. les sections inférieures) dans la base de données Pédo-paysages du Canada, qui a servi à établir à quelle proportion du paysage il fallait appliquer la valeur FTOPO pour estimer les émissions de N₂O (Rochette et al., 2008).

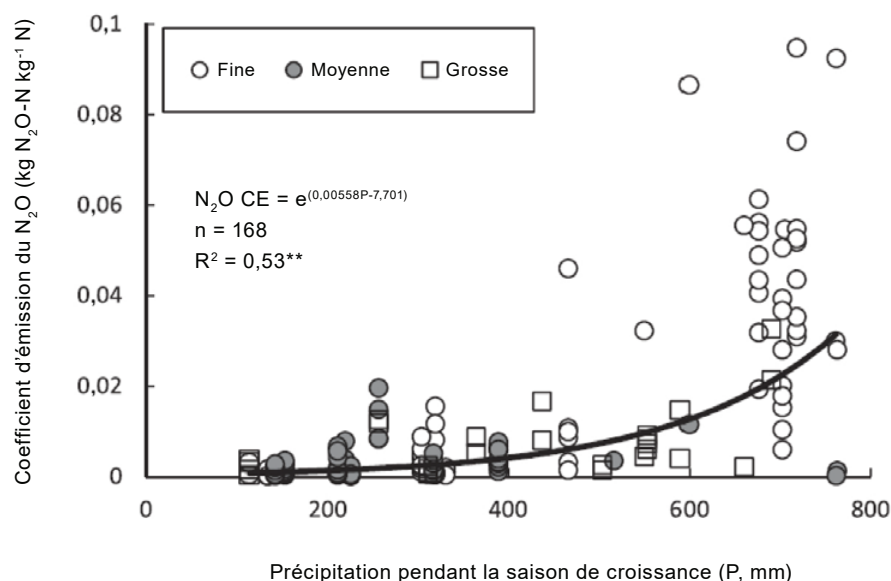
Émissions de N₂O hors de la saison de croissance

Dans l'Est du Canada, la mesure sur le terrain des flux de N₂O est réalisée dans des enceintes, généralement lorsqu'il n'y a plus de neige au sol (Gregorich et al., 2005). Dans cette région, les chutes de neige annuelles moyennes varient de 1 m à 4,5 m (Environnement Canada, 2002). Au printemps, la fonte des neiges crée des conditions d'humidité qui stimulent souvent la production de N₂O dans les sols (Grant et Pattey, 1999; Wagner-Riddle et Thurtel, 1998). L'intensité du gel des sols en hiver influe également, semble-t-il, sur le taux d'émission au printemps (Wagner-Riddle et al., 2007). La décision de limiter les estimations d'émissions aux périodes exemptes de neige conduit donc à sous-estimer les émissions annuelles totales de N₂O dans cette région. Des émissions de N₂O peuvent également être produites pendant la fonte printanière dans

¹⁰ Gameda, S. Communication personnelle, AAC (2006).

¹¹ Les marbrures sont le produit de cycles intermittents d'oxydation et de réduction du fer (en général) présent dans le profil du sol. La présence, la taille et la couleur des marbrures sont des indications des matériaux constitutifs du sol saturé par intermittence pendant des périodes significatives.

Figure A3.4–4 **CE_CT en fonction des précipitations à long terme pendant la saison de croissance (P)**



les Prairies, mais elles sont habituellement moins importantes que celles observées dans l'Est du Canada (Lemke et al., 1999). Pelster et al. (2021) ont compilé toutes les données publiées et non publiées comparant les flux de N_2O du sol hors de la saison de croissance avec ceux de la saison de croissance, et ont rapporté une moyenne globale de 63,4 % d'émissions de N_2O du sol qui ont été produites pendant la saison de croissance au Canada (article en préparation). Un coefficient de rapport (CR_EHS) de 1/0,634 a donc été utilisé pour modifier la valeur de CE_Base afin d'estimer les émissions annuelles.

Texture du sol et émissions de N_2O

La texture du sol n'influe pas directement sur la production de N_2O dans le sol. Il existe toutefois une corrélation entre ce paramètre et divers autres paramètres physiques et chimiques qui influent sur la production et le transport du N_2O dans le profil du sol (Arrouays et al., 2006; da Silva et Kay, 1997; Minasny et al., 1999). Ainsi, une corrélation entre les variables liées à la texture du sol et les émissions de N_2O des sols agricoles est souvent observée (Hénault et al., 1998; Corre et al., 1999; Chadwick et al., 1999; Bouwman et al., 2002a; Freibauer, 2003).

L'incidence de la texture du sol sur les émissions de N_2O des sols agricoles a été prise en compte dans le coefficient d'émission par l'utilisation d'un rapport (CR_TX) correspondant au rapport des émissions de N_2O de sols appartenant à une classe de texture donnée sur la moyenne des émissions des sols de toutes les classes de texture (Équation A3.4–13). Liang et al. (2020) ont rapporté un CR_TX de 0,49 pour les sols de texture grossière et moyenne, et de 2,55 pour les sols de texture fine. À la lumière d'une publication récente comprenant des données micro-météorologiques à long terme sur un site du sud de l'Ontario dont les sols sont de texture moyenne (Baral et al., 2022) et d'un examen scientifique réalisé par des scientifiques d'AAC, l'approche a été modifiée pour appliquer les coefficients de rapport de 0,49, 1,0 et 2,55 à l'échelle nationale aux sols de texture grossière, moyenne et fine, respectivement, car il a été établi que les divers sols de texture moyenne n'étaient pas tous représentés dans les données de la littérature.

Équation A3.4–13

$$CR_{TX_i} = \sum_j (CR_{TX_j} \times FR_{TX_{ij}})$$

- CR_{TX_i} = coefficient de rapport pondéré de la texture du sol pour les émissions de N_2O dans un écodistrict i
 CR_{TX_j} = coefficient de rapport des émissions de N_2O pour les sols à texture j (c.-à-d. grossière, moyenne ou fine) dans un écodistrict i
 $FR_{TX_{ij}}$ = fraction des sols à texture j , dans un écodistrict i

Engrais azotés organiques

Les émissions de N₂O des sols provenant de sources de N organique comprennent les émissions dues à l'épandage sur les sols agricoles de boues d'épuration (biosolides) et de fumier stockés sous forme sèche, solide et liquide et selon d'autres systèmes de gestion des déchets. Une méthode de niveau 2 et des coefficients d'émissions propres au Canada ont été utilisés pour estimer des émissions de N₂O attribuables aux engrais azotés organiques.

Équation A3.4–14

$$N_2O_{NO} = \sum [F_{NO(i,m)} \times (CE_{Base_i} \times CR_{EHS} \times CR_{SN_{k=NO,m}} \times CR_{SC_m})] \times 44/28$$

N_2O_{NO}	=	émissions provenant d'engrais azotés organiques épandus sur les terres cultivées, kg N ₂ O an ⁻¹
$F_{NO(i,m)}$	=	azote organique (comme les biosolides et le fumier) sous forme d'engrais azotés épandus sur les terres cultivées dans l'écodistrict <i>i</i> , pour chaque système de culture <i>m</i> , comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, kg N an ⁻¹
CE_{Base_i}	=	coefficient d'émission moyen pondéré pour un écodistrict <i>i</i> , décrit dans l'Équation A3.4–12, kg N ₂ O-N kg N ⁻¹ an ⁻¹
CR_{EHS}	=	coefficient de rapport de 1/0,634 pour les émissions de N ₂ O hors de la saison de croissance, sans unité
$CR_{SN_{k=NO,m}}$	=	coefficient de rapport pour une source de N, pour une source de N organique <i>k</i> =NO, dans un système de culture <i>m</i> , comme décrit dans le Tableau A3.4–30, sans unité
CR_{SC_m}	=	coefficient de rapport pour un système de culture <i>m</i> (annuel ou pérenne), comme décrit dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$44/28$	=	coefficient de conversion de N ₂ O-N en N ₂ O

Tableau A3.4–30 Coefficients de rapports du N₂O dans les sols pour les systèmes de culture et les sources de N

Système de culture (SC)	CR_SC ^a	Source de N (SN)	CR_SN ^a
Annuel	1,00	Engrais inorganiques (NI)	1,00
Annuel	1,00	Engrais organiques (NO)	0,84
Annuel	1,00	Résidus de culture (NRC)	0,84 ^b
Pérenne	0,19	Engrais inorganiques (NI)	1,00
Pérenne	0,19	Engrais organiques (NO)	1,00
Pérenne	0,19	Résidus de culture (NRC)	1,00

Notes :

a. Source : Liang et al. (2020), sauf si indiqué autrement.

b. Modifications fondées sur les observations d'experts.

Azote de fumier

La méthodologie utilisée se fonde sur la quantité de N du fumier produit par les animaux d'élevage (section A3.4.4.1) et sur la valeur de CE_Base propre au pays, en tenant compte des conditions topographiques et du régime d'humidité au niveau de l'écodistrict. Le fumier a été attribué aux cultures de manière préférentielle, selon une version modifiée de la méthode employée par Yang et al. (2011), afin de mieux refléter les pratiques et d'assurer une cohérence dans la méthode de répartition du fumier utilisée dans des indicateurs environnementaux au Canada. Les estimations des émissions de N₂O attribuables à cette source ont été calculées à l'aide de l'Équation A3.4–14, en combinaison avec les sources de N organique.

La quantité de fumier animal épandu comme engrais à l'échelle d'un écodistrict a été calculée à l'aide de l'Équation A3.4–15. Il a été supposé que tout le fumier, à l'exclusion du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcs et les enclos, était épandu sur des terres cultivées.

$$F_{NO=Nfum,i} = \sum_i (N_{T,i} \times N_{EX(T)}) \times (1 - N_{PGPE(T)}) \times (1 - \text{Frac}_{PerteSG(T,i)})$$

$F_{NO=Nfum,i}$	=	azote de fumier (Nfum) épandu comme engrais azotés organiques sur les sols agricoles, dans un écodistrict i , kg N an ⁻¹
$N_{T,i}$	=	population de la catégorie ou la sous-catégorie d'animaux T , dans un écodistrict i , nombre d'animaux
$N_{EX(T)}$	=	taux d'excrétion de N de la catégorie ou la sous-catégorie d'animaux (Tableau A3.4–23, Tableau A3.4–24 et Tableau A3.4–25), kg N animal ⁻¹ an ⁻¹
$N_{PGPE(T)}$	=	fraction de N du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux T , dans une province p (voir le Tableau A3.4–18)
$\text{Frac}_{PerteSG(T,i)}$	=	fraction des pertes de N du fumier durant l'entreposage et la manutention (volatilisation, lessivage, etc.), pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux T , à l'exclusion des pâturages, des grands parcours et des enclos, dans un écodistrict i (Tableau A3.4–27, Tableau A3.4–28 et Tableau A3.4–29)

Les sources de données sur la population d'animaux sont détaillées à la section A3.4.1. Les populations provinciales annuelles d'animaux d'élevage pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux sont réparties dans les écodistrict selon les données sur la distribution des populations d'animaux d'élevage du RDA. Entre deux années de recensement consécutives, les proportions à l'échelle de l'écodistrict sont interpolées.

Azote émanant des biosolides

Les données sur la production et la gestion des biosolides ont été tirées d'un rapport demandé par Environnement Canada (Cheminfo Services Inc., 2017). L'ensemble de données a été généré au moyen d'une combinaison d'enquêtes menées par téléphone et de rapports produits par les services municipaux de traitements des eaux usées dans 33 régions métropolitaines de recensement (RMR) et par divers services ou ministères de l'environnement municipaux et provinciaux du pays. Cette enquête représentait seulement 63 % de la population, puisqu'elle ne visait que les usines de traitement des eaux usées situées dans les RMR et n'incluait ni l'Île-du-Prince-Édouard ni les trois territoires canadiens. Les données ont été compilées aux cinq ans (1990–2015) et présentaient des lacunes et des incohérences en raison de l'absence d'une information de gestion complète et de changements dans les règlements provinciaux sur les biosolides. Néanmoins, ce rapport est la seule source connue de données pour l'analyse quantitative des biosolides à l'échelle nationale.

Les données sur la production de biosolides ont été produites par une série d'étapes analytiques (Figure A3.4–5, Tableau A3.4–31). On a d'abord construit une méthode fondée sur le nombre d'habitants à l'échelle provinciale afin d'établir une « production de biosolides de référence ». On a présumé pour cela que la production était directement proportionnelle à la population de l'aire géographique. Différentes applications à distribution spatiale des estimations de la population de Statistique Canada ont été évaluées en vue de déterminer les données qui conviendraient le mieux. Les estimations de la population utilisées pour les tests étaient les suivantes : populations des RMR, populations regroupées des RMR et

Tableau A3.4–31 Sources de données utilisées pour déterminer la production annuelle de biosolides et leurs caractéristiques à l'échelle provinciale

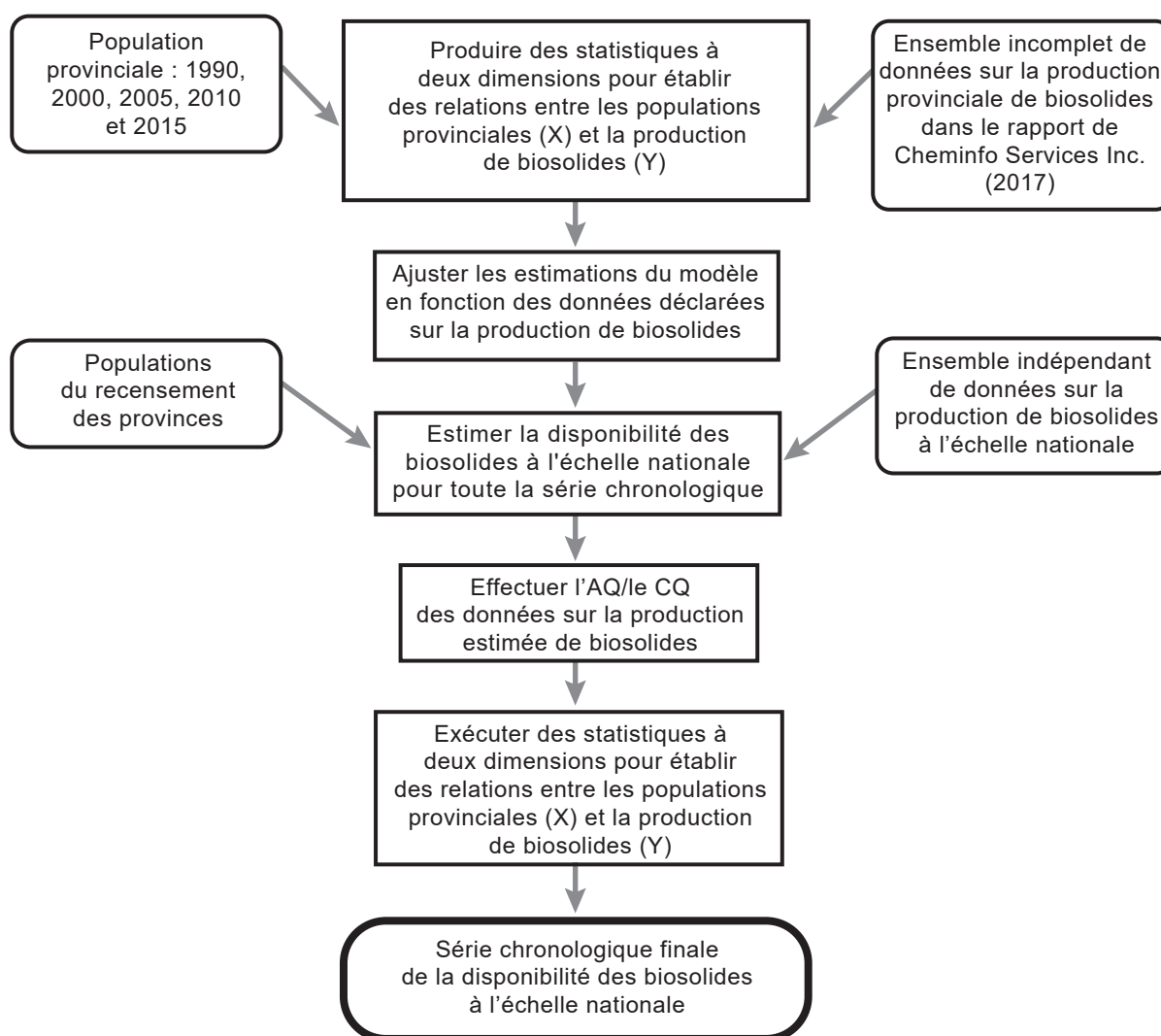
Catégorie	Source des données	Notes/Commentaires
Production de biosolides	Cheminfo Services Inc. (2017)	Données d'enquête sur la production de biosolides et les fractions qui sont enfouies, incinérées, épandues et utilisées pour la remise en état des terres
Population des RMR	https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710013501&request_locale=fr	Statistique Canada. Estimations de la population, 1 ^{er} juillet, selon la région métropolitaine de recensement et l'agglomération de recensement, limites de 2016
Populations provinciales	https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F	Statistique Canada. Profil du recensement, Recensement de 2016
Réglementation fédérale et provinciale	CCME (2010)	CCME. Un examen de l'actuel cadre législatif des biosolides municipaux au Canada
Biosolides – fractions par procédé de digestion	Cheminfo Services Inc. (2017)	Travaux ordonnés par la Colombie-Britannique.
	Hydromantis Ltd. (2007). Logiciel GPS-X 5.0. Simulateur à usage général - paramètres par défaut	
	Environmental Dynamics Inc. (2017). Beneficial Reuse of Biosolids Jurisdictional Review	
Teneur en nutriments des biosolides selon divers procédés de digestion et de traitement	Dad et al. (2018)	

populations provinciales. À la suite d'une analyse de régression, la méthode fondée sur la population provinciale a été choisie, en raison de la force des coefficients de corrélation. Heureusement, les données produites au moyen de cette méthode n'étaient pas très différentes des données déclarées durant les années pendant lesquelles Cheminfo Services Inc. (2017) recueillait les données. En conséquence, la production annuelle uniformisée de biosolides des provinces a été calculée en utilisant la méthode linéaire. Pour l'Î.-P.-É., les estimations annuelles de la production de biosolides ont été élaborées en se basant sur l'avis d'experts et en utilisant une moyenne nationale par personne. (22,5 kg personne⁻¹ an⁻¹). Cette analyse a créé une série chronologique complète de la production des biosolides à l'échelle provinciale.

Ensuite, on a calculé les taux régionaux d'épandage de biosolides (tonnes sèches) sur les terres, à partir des proportions déclarées dans le rapport de Cheminfo Services Inc. (2017), ajustées pour correspondre à la réglementation et aux restrictions fédérales et provinciales et aux règlements municipaux (Tableau A3.4–31). Au niveau fédéral, la réglementation imposée par le CCME a été appliquée. Après cela, les restrictions provinciales basées sur la valeur en nutriments des biosolides et toutes restrictions relatives à la fréquence de l'épandage de biosolides sur les terres ont été intégrées (Tableau A3.4–31).

Les biosolides sont typiquement traités par diverses méthodes de digestion et de décomposition dans UTEUs avant d'être épandus. Ces méthodes ont d'importantes implications sur la valeur en nutriments des biosolides et influencent donc le potentiel d'émission lors de l'épandage. En conséquence, pour l'étape finale, les résultats d'enquêtes et d'analyse de la littérature ont été utilisés pour identifier les processus de digestion majeurs et les estimations de Dad et al. (2018) ont été utilisées pour établir la valeur en nutriments des biosolides.

Figure A3.4–5 **Présentation schématique détaillée des procédures et sources de données utilisées pour déterminer la série chronologique de la production de biosolides à l'échelle provinciale**



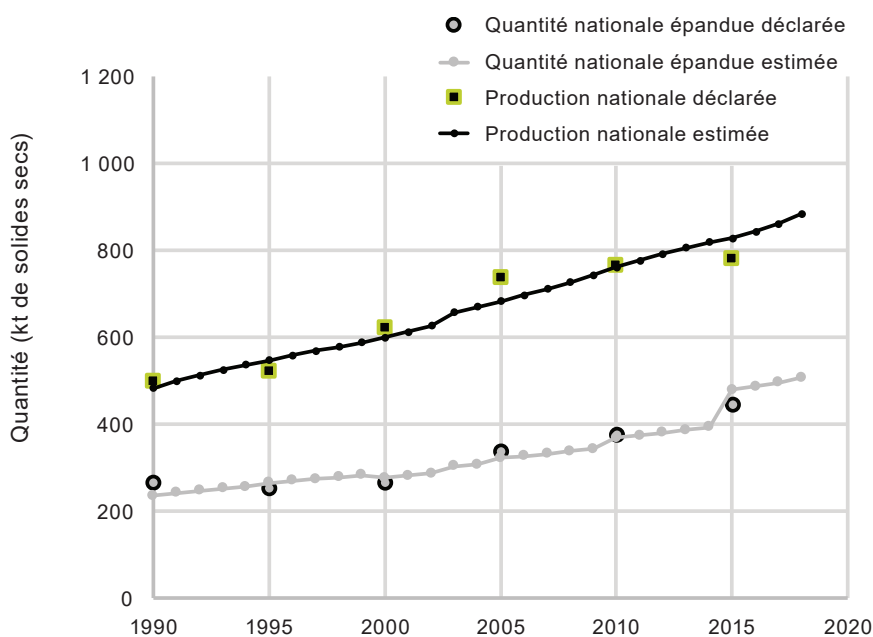
Contrôle de la qualité et assurance de la qualité

Pour les données sur la production, le contrôle de la qualité a été effectué aux niveaux provincial et national. Pour vérifier la validité de nos données, les valeurs estimées ont été comparées à des points de données indépendants disponibles dans la littérature et obtenues d'autres sources de données au niveau national. Nos données reflétaient de manière raisonnable le volume de production des biosolides au niveau provincial et représentaient les changements survenus certaines années au niveau des règlements provinciaux (Tableau A3.4–32). Au niveau national, les données correspondaient bien aux chiffres nationaux (Figure A3.4–6).

Tableau A3.4–32 Comparaison entre les données sur la production estimée de biosolides et les chiffres déclarés par des RMR individuelles et provinciales

Emplacement	Production déclarée (kt)	Production estimée (kt)	% écart	Année	Source
RMR de Calgary, AB	20,5	23	12,2	annuellement	IDE (2017)
Ville d'Edmonton, AB	18	15,6	13,33	1990 à 2004	Ville d'Edmonton (2012)
RMR d'Halifax, NS	30	13	56,67	depuis 2014	IDE (2017)
Ville de North Battleford, SK	3,5	0,6	82,86	2003–2004	IDE (2017)
Ville de Toronto, ON	55	64	16,36	depuis 2007	AECOM (2009)
Ville de Kelowna, BC	36,4	3,7	89,84	depuis 2006	IDE (2017)

Figure A3.4–6 Production nationale de biosolides (kt de solides secs) par rapport à la production totale estimée de biosolides



Allocation des biosolides aux écodistricts et cultures

La quantité de biosolides utilisés comme engrais au niveau d'un écodistrict a été calculée au moyen de l'Équation A3.4–16. La population humaine a été utilisée comme valeur substitutive pour attribuer à l'échelle spatiale des écodistricts les biosolides azotés épandus sur les terres dans les provinces. Afin d'éviter un surépandage de N dans un écodistrict, une procédure de corrélation a été mise en œuvre pour coordonner l'épandage de fumier et de biosolides avec les taux d'épandage recommandés pour les cultures, par écodistrict. Tout d'abord, la quantité totale de fumier azoté au sein de chaque écodistrict a été soustraite de la quantité totale de N requise pour la croissance des cultures, et comparée à la quantité de biosolides azotés allouée initialement à l'écodistrict. Dans les cas où les biosolides azotés excédaient les quantités de

N requises restantes, la quantité requise a été épandue et l'excès de N a été alloué à d'autres écodistricts de la province. Ensuite, les biosolides azotés ont été épandus sur certaines cultures au sein de chaque écodistrict conformément à la réglementation provinciale et aux règlements municipaux limitant l'épandage de biosolides. La quantité de biosolides azotés attribuée à chaque culture dans un écodistrict donné a ensuite été soustraite des exigences initiales en azote de la culture, et les paramètres modifiés ont été utilisés pour distribuer le fumier azoté aux cultures, selon la méthode d'épandage du fumier.

Équation A3.4–16

$$F_{NO=NB,i} = \sum_i [Prod_p \times Frac_{TERRES,p} \times Frac_{POP,i} \times \sum_r (TN_r \times Frac_{TYPE(r,p)}) \times Frac_{CULT(i,m)}]$$

$F_{NO=NB,i}$	=	azote des biosolides (NB) épandus en tant qu'engrais azoté organique sur les terres cultivées, dans l'écodistrict i , kg N an ⁻¹
$Prod_p$	=	production de biosolides dans une province p , kg
$Frac_{TERRES,p}$	=	fraction des biosolides provinciaux qui est épandue sur les terres dans une province p , sans unité
$Frac_{POP,i}$	=	fraction de la population humaine provinciale dans chaque écodistrict i , sans unité
TN_r	=	teneur totale en azote (%) par type de biosolides r , pourcentage
$Frac_{TYPE(r,p)}$	=	fraction de chaque type de traitement des biosolides r , dans une province p , sans unité
$Frac_{CULT(i,m)}$	=	fraction de N des biosolides épandus sur un type de culture m , dans un écodistrict i

Engrais azotés inorganiques

La méthode pour estimer les émissions de N₂O résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur les sols agricoles tient compte des régimes d'humidité ainsi que des conditions topographiques locales. Les émissions de N₂O par écodistrict sont estimées au moyen de l'Équation A3.4–17. Les estimations des émissions provinciales et nationales sont obtenues en additionnant les estimations par écodistrict.

Équation A3.4–17

$$N_2O_{ESA} = \sum_i ([N_{ENG(i,m)} \times (CE_{Base_i} \times CR_{EHS_i} \times CR_{SN_{k=IN,m}} \times CR_{SC_m}) \times \frac{44}{28}]$$

N_2O_{ESA}	=	émissions provenant des engrais azotés inorganiques, kg N ₂ O an ⁻¹
$N_{ENG(i,m)}$	=	engrais azoté inorganique dans un écodistrict i appliqué à un système de culture m , comme décrit dans le Tableau A3.4–30, kg N an ⁻¹
CE_{Base_i}	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i , décrite dans Équation A3.4–12, kg N ₂ O-N kg N ⁻¹ an ⁻¹
CR_{EHS_i}	=	coefficient de rapport de 1/0,634 pour les émissions de N ₂ O des sols hors de la saison de croissance, sans unité
$CR_{SN_{k=IN,m}}$	=	coefficient de rapport pour une source de N, pour une source de N inorganique $k=IN$, dans un système de culture m , comme décrit dans le Tableau A3.4–30, sans unité
CR_{SC_m}	=	coefficient de rapport pour un système de culture (annuel ou pérenne), comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$44/28$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Les données sur les expéditions d'engrais azotés inorganiques sont disponibles par province seulement (Statistique Canada, s.d. [h], Statistique Canada, s.d. [i]) et ont été réparties par écodistrict. L'approche utilisée (Équation A3.4–18) suppose que la quantité d'engrais azotés inorganiques épandue (N_{APPL}) est égale à la différence entre les taux de N recommandés (N_{RCMD}) et le N organique disponible pour être épandu sur des terres cultivées ($N_{NO,TC}$).

Équation A3.4–18

$$N_{APPL,i} = N_{RCMD,i} - N_{NO,TC,i}$$

$N_{APPL,i}$	=	quantité totale d'engrais azotés potentiellement épandus dans un écodistrict i , kg N an ⁻¹
$N_{RCMD,i}$	=	épandage recommandé d'engrais dans un écodistrict i , kg N an ⁻¹
$N_{NO,TC,i}$	=	N provenant d'azote organique épandu sur les cultures dans un écodistrict i , kg N an ⁻¹

À la lumière des travaux de Yang et al. (2007), l'élément N_{RCMD} a été estimé comme la somme des produits de chaque type de culture et du taux recommandé d'épandage d'engrais pour cette culture dans un écodistrict (Équation A3.4–19) :

Équation A3.4–19

$$N_{RCMD,i} = \sum_{ij} (SCULT_{ij} \times N_{TREC,ij})$$

$N_{RCMD,i}$	=	épandage recommandé d'engrais dans l'écodistrict i , kg N an ⁻¹
$SCULT_{ij}$	=	superficie du type de culture j dans un écodistrict i , ha
$N_{TREC,ij}$	=	taux recommandé d'épandage annuel de N pour le type de culture j dans un écodistrict i , kg N ha ⁻¹ an ⁻¹

Parce qu'il faut réconcilier la quantité possible d'engrais avec la quantité totale vendue dans la province (N_{VENTES}) pour estimer la quantité réelle épandue (N_{ENG}), NAPPL est corrigé dans chaque écodistrict comme suit (Équation A3.4–20) :

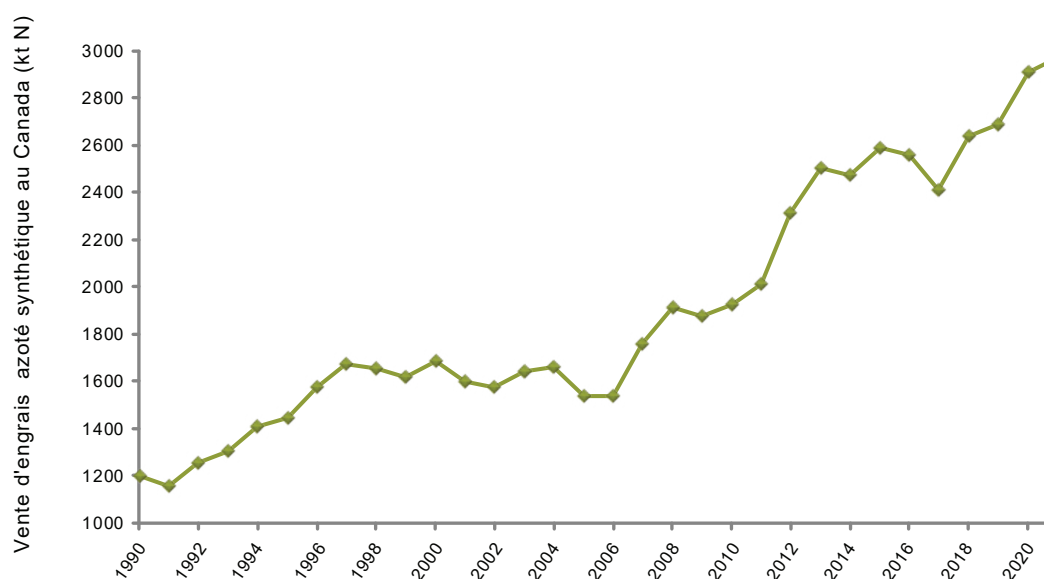
Équation A3.4–20

$$N_{ENG,i} = N_{APPL,i} \times \left[\frac{N_{VENTES,p}}{\sum_i^n N_{APPL,i}} \right]$$

$N_{ENG,i}$	=	quantité totale d'engrais azotés effectivement épandus sur l'ensemble des cultures dans un écodistrict i , kg
$N_{VENTES,p}$	=	quantité totale d'engrais azotés vendue dans une province p , kg
$\sum_i^n N_{APPL,i}$	=	quantité totale d'engrais azotés potentiellement épandus sur l'ensemble des cultures dans tous les écodistricts à l'intérieur d'une province, kg

Pour les années situées entre deux années de recensement (les années de recensement étaient 1991, 1996, 2001, 2006, 2011 et 2016), l'élément N_{RCMD} a été interpolé de façon linéaire afin d'estimer successivement les valeurs annuelles de NAPPL et de N_{ENG} à l'échelle de l'écodistrict. La consommation d'engrais azotés inorganiques au Canada a beaucoup augmenté depuis 1990, passant de 1,2 Mt à 2,9 Mt de N, principalement en raison de l'intensification des systèmes de culture de 1991 à 1997 et de la conversion accrue des cultures pérennes aux cultures annuelles, laquelle est attribuable aux prix avantageux des céréales depuis 2007 (Figure A3.4–7).

Figure A3.4–7 **Expéditions d'engrais azotés inorganiques au Canada, de 1990 à 2021**



De 1990 à 2002, AAC a recueilli des données sur la consommation annuelle d'engrais azotés à l'échelon provincial et publié un rapport pour chaque année, intitulé *Consommation, livraison et commerce des engrais au Canada*. De 2003 à 2006, l'Institut canadien des engrais¹² (ICE) a recueilli et publié des données sur les engrais azotés. Enfin, depuis 2007, Statistique Canada recueille et publie chaque année des données sur les expéditions d'engrais (Statistique Canada, s.d. [h]).

Urine et fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux en pacage

Le Canada utilise une méthode qui lui est propre pour estimer les émissions de N₂O provenant de l'urine et du fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux brouteurs. Les coefficients d'émission de N₂O pour tous les types de bovins ont été déterminés à la lumière d'une recherche menée entre 2009 et 2011 sur les vaches laitières de l'Est du Canada et le bœuf d'élevage de l'Ouest du Canada. Les résultats concernant le fumier des bovins laitiers de l'Est du Canada sont disponibles dans Rochette et al. (2014). Quant aux résultats touchant le fumier du bœuf de l'Ouest du Canada, ils sont résumés au Tableau A3.4–31 (Lemke et al., 2012). Comparativement au coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les principales catégories de bétail (2 %), les coefficients d'émission étaient 3,2 fois inférieurs dans l'Est du Canada et 46,5 fois inférieurs dans l'Ouest du Canada. Les coefficients d'émission moindres observés dans les Prairies canadiennes, par rapport au climat plus humide de l'Est du Canada, cadrent avec les constatations de Rochette et al. (2008), selon qui le déficit d'humidité (défini comme étant le rapport entre la précipitation et l'évapotranspiration potentielle durant la saison de croissance) constitue un important facteur contribuant aux émissions de N₂O sur les terres cultivées arables du Canada. Pour l'Ontario, le Québec et les provinces de l'Atlantique, les CE de N₂O sont de 0,0078 kg N₂O-N kg N⁻¹ pour les sols à texture fine, 0,0062 kg N₂O-N kg N⁻¹ pour les sols à texture moyenne et 0,0047 kg N₂O-N kg N⁻¹ pour les sols à texture grossière (Rochette et al., 2014). Un CE de N₂O pondéré, basé sur la texture du sol, est calculé pour chaque écodistrict à partir de l'Équation A3.4–13, selon une hypothèse d'excrétion de 75 % de N dans l'urine (Rochette et al., 2014). Dans l'Ouest du Canada, le CE de N₂O est de 0,00043 kg N₂O-N kg N⁻¹ (Tableau A3.4–33). Les émissions de N₂O sont calculées selon un coefficient d'émission fixe (Équation A3.4–21).

Équation A3.4–21

$$N_2O_{PGPE} = \sum_{T,i} [(N_T \times N_{EX,T} \times N_{PGPE,T} \times CE_{PGPE,i})] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{PGPE}	=	émissions provenant de l'urine et du fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux en pacage, kg N ₂ O an ⁻¹
$N_{T,i}$	=	population d'animaux de catégorie ou de sous-catégorie <i>T</i> dans un écodistrict <i>i</i> , animaux
$N_{EX,T}$	=	taux annuel d'excrétion de N pour la catégorie ou la sous-catégorie d'animaux <i>T</i> , kg N animal ⁻¹ année ⁻¹ (Tableau A3.4–23 et Tableau A3.4–25)
$N_{PGPE,T}$	=	fraction de N de fumier excrétée dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, par catégorie ou sous-catégorie <i>T</i> d'animaux (Tableau A3.4–18)
$CE_{PGPE,i}$	=	coefficient d'émission pour le N de fumier excrété par les animaux dans les pâturages, les grands parcours et les enclos dans l'écodistrict <i>i</i>
$44/28$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Tableau A3.4–33 Émissions d'oxyde nitreux attribuables à l'urine et au fumier de bœuf dans les pâturages de l'Ouest du Canada

Lieu	Traitement	Flux	Taux cible de N	Écart-type	Coefficient d'émission
		kg N ha ⁻¹			kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N
Swift Current, SK	Témoin	0,07		0,04	
	Fumier	0,07	500	0,05	0,000002 ± 0,00003
	Urine	0,79	750	1,56	0,001 ± 0,002
Lacombe, AB	Témoin	0,59		0,33	
	Fumier	0,50	500	0,41	0 ± 0,0002
	Urine	0,72	750	0,58	0,0002 ± 0,0003
Moyenne globale					
	Fumier				0 ± 0,0001
	Urine				0,0006 ± 0,0012

Note :

Données inédites (Lemke et al., 2012); application d'urine et de fumier au printemps, à l'été et à l'automne, renouvelée une fois de plus avec trois répétitions. La fréquence de mesure du flux de N₂O variait entre trois fois par semaine (immédiatement après l'application d'urine et de fumier) et une fois par quatre semaines, selon l'intensité du flux et les conditions météorologiques.

12 Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/150213/dq150213f-fra.htm>

Des renseignements supplémentaires sur les données sur les populations d'animaux et leurs sources sont présentés à la section A3.4.1.

Décomposition des résidus de récolte

Les transformations (nitrification et dénitrification) du N libéré lors de la décomposition des résidus de récolte laissés sur place rejettent du N₂O dans l'atmosphère. Une méthode de niveau 2 faisant appel à des coefficients d'émission propres au Canada et semblable à celle utilisée pour les engrais azotés organiques et inorganiques a été employée pour estimer les émissions de N₂O attribuables à la décomposition des résidus de récolte. Cette méthode repose sur l'Équation A3.4–22, l'Équation A3.4–23 et l'Équation A3.4–24. La quantité de N contenue dans les résidus de récolte au sol qui sont brûlés dans les champs à l'échelle provinciale est enlevée de l'estimation des émissions afin d'éviter la comptabilisation en double (voir la section A3.4.7).

Équation A3.4–22

$$N_2O_{RES} = \sum_i [F_{RES(i,m)} \times (CE_{Base_i} \times CR_{HS} \times CR_{SN_{k=NO,m}} \times CR_{SC_m})] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{RES}	=	émissions attribuables à la décomposition des résidus de culture, kg N ₂ O an ⁻¹
$F_{RES(i,m)}$	=	quantité totale de N provenant des résidus de culture qui retourne dans les sols d'un écodistrict i, excluant les pertes de N dues au brûlage des résidus, dans un système de culture m, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, kg N an ⁻¹ (Équation A3.4–23)
CE_{Base_i}	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, décrite dans l'Équation A3.4–12, kg N ₂ O-N kg N ⁻¹ an ⁻¹
CR_{EHS}	=	coefficient de rapport de 1/0,634 pour les émissions de N ₂ O des sols hors de la saison de croissance, sans unité
$CR_{SN_{k=NO,m}}$	=	coefficient de rapport de la source de N, pour une source de N organique k=NO dans un système de culture m, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité
CR_{SC_m}	=	coefficient de rapport pour un système de culture m (annuel ou pérenne), comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$44/28$	=	coefficient de conversion de N ₂ O-N en N ₂ O

Équation A3.4–23

$$F_{RES(i,m)} = \sum_{T,i} [P_{T,i} \times FRAC_{RENOU,T,i} \times (R_{AG,T} \times N_{AG,T} + R_{BG,T} \times N_{BG,T})]$$

$F_{RES(i,m)}$	=	quantité totale de N provenant des résidus de culture qui retourne dans les sols d'un écodistrict i, pour un système de culture m, excluant les pertes de N dues au brûlage des résidus, kg N an ⁻¹
$P_{T,i}$	=	production totale du type de culture T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict i, kg de matière sèche (MS) an ⁻¹ (Équation A3.4–24)
$FRAC_{RENOU,T,i}$	=	fraction de la superficie totale cultivée T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict i
$R_{AG,T}$	=	rapport entre les résidus en surface et la production récoltée pour une culture T, kg de MS kg ⁻¹
$N_{AG,T}$	=	teneur en azote des résidus en surface pour une culture T, kg de N kg ⁻¹ de MS
$R_{BG,T}$	=	rapport entre les résidus souterrains et la production récoltée d'une culture T, kg kg ⁻¹ de MS
$N_{BG,T}$	=	teneur en azote des résidus souterrains pour une culture T, kg de N kg ⁻¹ de MS

Équation A3.4–24

$$P_{T,i} = \frac{A_{T,i} \times Y_{T,i}}{\sum_{i=1}^n (A_{T,i} \times Y_{T,i})} \times P_{T,p} \times (1 - H_2O_T)$$

$P_{T,i}$	=	production totale du type de culture T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict i, kg de MS an ⁻¹
$A_{T,i}$	=	superficie d'une culture de type T dans un écodistrict i, ha
$Y_{T,i}$	=	rendement moyen d'une culture de type T dans un écodistrict i, kg ha ⁻¹ an ⁻¹
$\sum_{i=1}^n (A_{T,i} \times Y_{T,i})$	=	somme de la production totale d'une culture de type T dans l'ensemble des écodistricts de la province
$P_{T,p}$	=	production totale d'une culture de type T dans une province p, kg de MS an ⁻¹
H_2O_T	=	teneur en eau d'une culture T, kg kg ⁻¹

Statistique Canada recueille et publie des données par province (Statistique Canada, s. d. [g]) sur la production annuelle des grandes cultures : blé, orge, maïs, avoine, seigle, céréales mélangées, graines de lin, canola, sarrasin, graines de moutarde, graines de tournesol, graines de l'alpiste des Canaries, maïs fourrager, betterave à sucre, foin cultivé, pois secs, soya, haricots blancs secs, haricots de couleur, pois chiches et lentilles. La superficie ensemencée et le rendement de chaque culture sont déclarés au niveau de la région du RDA et au niveau provincial, et les rendements ont été attribués aux polygones des pédo-paysages du Canada au moyen de recouvrements de zone effectués par AAC. Les paramètres qui s'appliquent à chaque type de culture sont énumérés par Janzen et al. (2003). Les données de l'enquête de Statistique Canada sont basées sur le RDA; des révisions générales à la série chronologique de l'enquête peuvent donc survenir lorsque les données du recensement sont modifiées en raison d'un raffinement du modèle d'étalonnage d'autres changements. De plus, Statistique Canada révisé occasionnellement les données d'enquête à des fins de correction d'erreurs et d'harmonisation avec d'autres statistiques sur l'offre et l'utilisation, telles que les exportations.

Minéralisation associée à la déperdition de matière organique du sol

Le N dans les sols minéraux qui est minéralisé en association avec la déperdition de matière organique du sol à la suite d'une modification des pratiques d'aménagement des terres peut engendrer des émissions supplémentaires de N₂O dans la catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé. Un ratio C/N moyen de 11, avec un écart-type de 1,9 a été obtenu à partir d'une base de données contenant de l'information sur la teneur en carbone organique et en azote de tous les principaux types de sols de la Saskatchewan (environ 600 données). Le ratio C/N dans les sols agricoles est considéré comme uniforme d'une région à l'autre. Les Lignes directrices 2006 du GIEC proposent une fourchette de ratios C/N allant de 8 à 15. Les émissions sont estimées à l'aide d'une méthode de niveau 2 avec des coefficients d'émission propres au Canada (voir Équation A3.4–25 et Équation A3.4–26).

Équation A3.4–25

$$F_{MOS,i} = \sum_{AT} [(\Delta C_{Minéral, AT} \times \frac{1}{R}) \times 1000]$$

$F_{MOS,i}$	=	quantité annuelle nette de N minéralisé dans les sols minéraux dans un écodistrict i découlant de la déperdition du carbone organique du sol imputable à une modification des pratiques d'aménagement des terres, kg N
$\Delta C_{Minéral, AT}$	=	déperdition annuelle moyenne de carbone organique du sol pour chaque pratique d'aménagement des terres (AT), Mg C
R	=	ratio C/N de la matière organique des sols ($11,0 \pm 1,9$)

Équation A3.4–26

$$N_2O_{FMOS} = \sum_i (F_{MOS,i} \times CE_{Base_i} \times CR_{EHS} \times CR_{SN}_{k=NO,m=A} \times CR_{SC}_{m=A}) \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{FMOS}	=	émissions associées à la déperdition de matière organique du sol imputable à une modification des pratiques d'aménagement des terres, kg N ₂ O an ⁻¹
$F_{MOS,i}$	=	quantité annuelle nette de N minéralisé dans les sols minéraux découlant de la déperdition de carbone organique du sol imputable à une modification des pratiques d'aménagement des terres dans l'écodistrict i , kg N
CE_{Base_i}	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour l'écodistrict i , décrite dans l'Équation A3.4–12, kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N an ⁻¹
CR_{EHS}	=	coefficient de rapport de 1/0,634 pour les émissions de N ₂ O des sols hors de la saison de croissance, sans unité
$CR_{SN}_{k=NO,m=A}$	=	coefficient de rapport pour la source de N, pour la source de N organique $k=NO$ dans un système de culture annuel A , comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$CR_{SC}_{m=A}$	=	coefficient de rapport pour un système de culture annuel, comme indiqué dans le Tableau A3.4–30, sans unité
$44/28$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Les données sur les activités concernant la déperdition de carbone organique du sol au niveau des écodistricts dans toute la série chronologique qui sont déclarées dans la catégorie des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé du secteur ATCATF servent à estimer les quantités de N₂O attribuables aux sols associées à la déperdition de matière organique du sol.

Culture des sols organiques (histosols)

La culture des sols organiques (histosols) destinés aux récoltes annuelles produit du N₂O. On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC pour estimer les émissions de N₂O imputables aux sols organiques travaillés (Équation A3.4–27).

$$N_2O_H = \sum_i (A_{SO,i} \times CE_{HIST}) \times \frac{44}{28}$$

N_2O_H	=	émissions provenant des histosols cultivés, kg N ₂ O an ⁻¹
$A_{SO,i}$	=	superficie des sols organiques cultivés dans une province i , ha
CE_{HIST}	=	coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les sols organiques situés à une latitude moyenne, 8,0 kg de N ₂ O-N ha ⁻¹ an ⁻¹ (GIEC, 2006)
$44/28$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

À l'échelle provinciale, les superficies d'histosols cultivées ne sont pas couvertes par le RDA. Selon des consultations avec de nombreux spécialistes des sols et des cultures dans tout le Canada, la superficie totale des sols organiques travaillés au Canada était de 16 kilohectares (Liang et al., 2004) et est restée constante au fil du temps.

Variations des émissions de N₂O dues à l'adoption de pratiques de réduction ou d'élimination du travail du sol

Cette catégorie est spécifique au Canada. Elle ne découle pas d'un apport additionnel de N (provenant d'engrais, de fumier ou de résidus de culture), mais est plutôt utilisée pour apporter des modifications au CE_Base à cause du passage de méthodes culturales conventionnelles à des pratiques de conservation du sol, à savoir le travail réduit du sol (TRS) et la culture sans labour (CSL).

Pour quantifier l'incidence des pratiques de travail du sol sur les émissions de N₂O, on utilise un coefficient de rapport (CR_{TS}) correspondant au ratio des flux moyens de N₂O dans les sols cultivés selon les pratiques CSL ou TRS sur les flux moyens de N₂O dans les sols travaillés de façon intensive (TI) (N₂O_{CSL}/N₂O_{TI}) (Tableau A3.4–34). La fraction des terres cultivées soumises aux pratiques CSL et TRS (FRAC_{CSL-TRS}) dans chacun des écodistricts a été obtenue à partir du RDA et est identique à celle utilisée dans la catégorie ATCATF des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, en ce qui a trait aux pratiques CSL et TRS (voir la section 4 sur les terres cultivées, à l'Annexe 3.5). Les données sont publiées à l'échelon de la région agricole du recensement et du secteur de recensement, à l'échelon provincial et à l'échelon national. Les valeurs annuelles de FRAC_{CSL-TRS} entre deux années de recensement consécutives sont interpolées.

Tableau A3.4–34 Coefficients de rapports du N₂O pour le travail du sol, par écozone

Écozone	CR _{TS}
Taïga des plaines	0,73 ^a
Bouclier boréal	1 ^b
Maritime de l'Atlantique	1 ^b
Plaines à forêts mixtes	1 ^b
Plaines boréales	0,73 ^a
Prairies	0,73 ^a
Maritime du Pacifique	1 ^b
Cordillère montagnarde	0,73 ^a

Notes :

a. Source : Liang et al. (2020)

b. Modifié de Liang et al. (2020) selon la consultation d'experts de la communauté scientifique canadienne

$$N_2O_{TS} = \sum_i [(N_2O_{k=NI,m=A,i} + N_2O_{k=NO,m=A,i} + N_2O_{k=NC,m=A,i}) \times (FRAC_{CSL-TRS,i} \times (CR_{TS,z} - 1))]]$$

N_2O_{TS}	=	variation des émissions de N ₂ O attribuable à l'adoption des pratiques CSL et TRS, kg N ₂ O an ⁻¹
$N_2O_{k=NI,m=A,i}$	=	émissions de N ₂ O des sols provenant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques sur des cultures annuelles, dans un écodistrict <i>i</i> , kg N ₂ O an ⁻¹
$N_2O_{k=NO,m=A,i}$	=	émissions de N ₂ O des sols provenant du N des fumiers épandus sur les cultures annuelles, dans un écodistrict <i>i</i> , kg N ₂ O an ⁻¹
$N_2O_{k=NC,m=A,i}$	=	émissions de N ₂ O des sols provenant du N des résidus des cultures annuelles, dans un écodistrict <i>i</i> , kg N ₂ O an ⁻¹
$FRAC_{CSL-TRS,i}$	=	fraction des terres cultivées en régimes CSL et TRS, dans un écodistrict <i>i</i>
$CR_{TS,z}$	=	coefficient de rapport rajustant le CE_Base en raison de l'adoption des pratiques CSL et TRS, pour l'écozone <i>z</i>

La fraction des terres cultivées soumises aux pratiques CSL et TRS ($FRAC_{CSL-TRS}$) dans chacun des écodistricts a été obtenue à partir du RDA et est identique à celle utilisée dans la catégorie ATCATF des Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, en ce qui a trait aux pratiques CSL et TRS (voir la section 4 de l'Annexe 3.5). Les données sont publiées à l'échelon de la région agricole du recensement et du secteur de recensement, à l'échelon provincial et à l'échelon national. La $FRAC_{CSL-TRS}$ annuelle entre deux années de recensement consécutives est interpolée.

Émissions de N₂O résultant de l'irrigation

L'augmentation de la teneur en eau lors de l'irrigation peut, à cause d'une activité biologique accrue et d'une aération réduite des sols, entraîner une augmentation des émissions de N₂O (Jambert et al., 1997). De fait, des études indiquent que les plus fortes émissions de N₂O de sols agricoles du nord-ouest des États-Unis (Liebig et al., 2005) et de l'Ouest du Canada (Hao et al., 2001a) ont été observées sur les terres irriguées, suivies des terres non irriguées et des pâturages. Il n'existe aucune étude sur le terrain comparant les émissions de N₂O des terres irriguées et des terres non irriguées au Canada. Il a donc été supposé que : 1) l'eau d'irrigation stimule la production de N₂O de la même manière que l'eau de pluie; 2) le volume d'irrigation permet d'éviter un déficit hydrique, c'est-à-dire que la quantité d'eau apportée par les précipitations plus celle apportée par l'irrigation équivalent à l'évapotranspiration potentielle dans les conditions locales (« précipitations + eau d'irrigation = évapotranspiration potentielle »); et 3) l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O s'ajoute aux effets de la zone non irriguée à l'intérieur d'un écodistrict. L'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O des terres agricoles a donc été pris en compte à l'aide d'une valeur de CE_Base estimée en utilisant $P = EP$ pour les zones irriguées d'un écodistrict :

$$N_2O_{IRRI} = \sum_i [\sum_k (N_2O_{k,i}) \times (FRAC_{IRRI,i} \times (CR_{IRRI,i} - 1))]]$$

N_2O_{IRRI}	=	émissions attribuables à l'irrigation, kg N ₂ O an ⁻¹
$N_2O_{k,i}$	=	émissions de N ₂ O provenant d'une source <i>k</i> de N, pour les cultures annuelles, dans l'écodistrict <i>i</i> , kg N ₂ O an ⁻¹
$CR_{IRRI,i}$	=	coefficient de rapport pour l'irrigation, dans un écodistrict <i>i</i> , sans unité (voir l'Équation A3.4–30)
$FRAC_{IRRI,i}$	=	fraction des terres cultivées irriguées dans l'écodistrict <i>i</i>

$$CR_{IRRI,i} = \frac{CE_{CT_{P=EP,i}}}{CE_{CT_{P,i}}}$$

$CR_{IRRI,i}$	=	émissions provenant de l'irrigation, kg N ₂ O an ⁻¹
$CE_{CT_{P,i}}$	=	coefficient d'émission de N ₂ O calculé à <i>P</i> , pour l'écodistrict <i>i</i> , kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N (voir la Figure A3.4–4)
$CE_{CT_{P=EP,i}}$	=	coefficient d'émission de N ₂ O des sols, calculé à $P=EP$, pour l'écodistrict <i>i</i> , kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N

La valeur $FRAC_{IRRI}$ est tirée des données du RDA pour chacun des écodistricts (voir la section 4 à l'Annexe 3.5). Pour les années entre deux années de recensement consécutives, cet élément est ajusté par interpolation.

A3.4.5.2. Émissions indirectes de N₂O des sols agricoles

Volatilisation et nouveau dépôt d'azote

La méthode de niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N₂O attribuables à la volatilisation et au nouveau dépôt de N inorganique et organique. Les émissions sont calculées à l'aide de l'Équation A3.4–31 :

Équation A3.4–31

$$N_2O_{VD} = \sum_i [(F_{IN,i} \times FRAC_{GAZE\ NT,i}) + (FUM_{PGPE,iT} \times FRAC_{GazSG-PGPE,T}) + (N_{FUM-CULTURES,i} \times FRAC_{GAZM,i})] \times CE_4 \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{VD}	=	émissions attribuables à la volatilisation et au nouveau dépôt de N, kg N ₂ O an ⁻¹
$F_{IN,i}$	=	consommation de N inorganique pour chaque type d'engrais azotés, y compris ceux contenant de l'urée, de l'urée et du nitrate d'ammonium, de l'ammoniac anhydre et d'autres produits chimiques, dans un écodistrict <i>i</i> , kg N an ⁻¹
$FRAC_{GAZE\ NT,i}$	=	fraction des engrais azotés inorganiques qui sont épandus sur les sols et qui se volatilisent sous forme de NH ₃ -N dans un écodistrict <i>i</i> , déterminée par une méthode propre au pays, kg NH ₃ -N kg ⁻¹ N (voir Équation A3.4–17)
$FUM_{PGPE,iT}$	=	quantité d'urine et de fumier azotés qui est excrétée dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par catégorie ou sous-catégorie d'animaux <i>T</i> dans un écodistrict <i>i</i> , kg N an ⁻¹
$FRAC_{GazSG-PGPE,T}$	=	fraction du fumier azoté volatilisé qui est épandu sur les pâturages, les grands parcours et les enclos par catégorie ou sous-catégorie d'animaux <i>T</i> : 0,2 kg (NH ₃ -N + NO _x -N) kg ⁻¹ N (GIEC, 2006) pour l'ensemble des catégories d'animaux d'élevage, à l'exception des bovins laitiers (Tableau A3.4–40)
$N_{FUM-CULTURES,i}$	=	engrais azotés organiques épandus sur les terres cultivées dans un écodistrict <i>i</i> , kg N an ⁻¹ (voir Tableau A3.4–38)
$FRAC_{GAZM,i}$	=	fraction des engrais azotés organiques volatilisés dans un écodistrict <i>i</i> : 0,2 kg (NH ₃ -N + NO _x -N) kg ⁻¹ N pour l'ensemble des animaux d'élevage (GIEC, 2019), à l'exception des catégories des bovins laitiers et des porcs (Tableau A3.4–38)
CE_4	=	coefficient d'émission attribuable au dépôt atmosphérique de N (voir Tableau A3.4–26)
$\frac{44}{28}$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Une méthode propre au pays a été utilisée pour évaluer les émissions d'ammoniac attribuables aux épandages de N inorganique. La méthode de détermination des coefficients d'émission d'ammoniac suit de très près l'approche de Sheppard et al. (2010a), qui ont appliqué le modèle de régression élaboré par Bouwman et al. (2002b) afin d'obtenir des coefficients d'émission régionaux pour différentes écorégions au Canada. Cette méthode calcule les coefficients d'émission d'ammoniac en fonction du type d'engrais azotés inorganiques, du degré d'incorporation dans le sol, du type de cultures et des propriétés chimiques du sol (Équation A3.4–32).

Équation A3.4–32

$$FRAC_{GAZE\ TN,i} = 100 \times EXP(\text{somme des coefficients pertinents})$$

$FRAC_{GAZE\ TN,i}$	=	coefficients d'émission d'ammoniac pour chaque type d'engrais azotés inorganiques dans un écodistrict <i>i</i> , %
<i>somme des coefficients pertinents</i>	=	coefficients pour le type de cultures, le type d'engrais azotés inorganiques, la méthode d'application de N, les propriétés chimiques du sol et le climat, sans unité (voir le Tableau A3.4–35)
100	=	conversion de la fraction en pourcentage
EXP	=	exponentiel

La méthode d'épandage de chaque type d'engrais azotés inorganiques dans l'Est et l'Ouest du Canada est fournie par Sheppard et al. (2010a). Les propriétés du sol, le pH et la capacité d'échange cationique (CEC) proviennent des renseignements du SISCan sur les polygones de sol et s'appuient sur les distributions fractionnelles de la série de sols ayant un pH inférieur à 7,25 et une CEC inférieure à 250 me kg⁻¹, un pH inférieur à 7,25 et une CEC supérieure à 250 me kg⁻¹, un pH supérieur à 7,25 et une CEC inférieure à 250 me kg⁻¹, et un pH supérieur à 7,25 et une CEC supérieure à 250 me kg⁻¹. Statistique Canada (s.d. [i]) a recueilli et publié des données sur les expéditions annuelles d'engrais azotés inorganiques, y compris ceux contenant de l'urée, du nitrate d'ammonium et de l'urée, de l'ammoniac et d'autres produits chimiques (Statistique Canada, s.d. [h], Statistique Canada, s.d. [i]). L'application de cette équation donne des coefficients d'émission particuliers d'un point de vue géographique pour les engrais azotés inorganiques épandus sur les cultures annuelles. Les moyennes provinciales par type d'engrais (Tableau A3.4–36) sont calculées en fonction de la répartition spatiale des propriétés chimiques du sol et le climat pour chacun des écodistricts de chaque province et, par conséquent, la fraction ($FRAC_{GAZE}$) de l'ammoniac volatilisé par province varie légèrement d'une année à l'autre selon les ventes d'engrais

Tableau A3.4–35 Coefficients pour le type de cultures, les types d'engrais azotés inorganiques, la méthode d'épandage des engrais, les propriétés chimiques du sol et le climat élaborés par Bouwman et al. (2002b)

Conditions d'application des coefficients		Coefficients
Type de cultures	Cultures annuelles	-0,045
	Cultures vivaces	-0,158
Type d'engrais	Urée	0,666
	Urée et nitrite d'ammonium	0,282
	Ammoniac anhydre	-1,151
	Autres sources azotées	-0,238
Méthode d'épandage	À la volée en surface	-1,305
	Incorporé	-1,895
Propriété chimique du sol	Sol ayant un pH inférieur à 7,25	-1
	Sol ayant un pH de 7,25 à 8,5	-0,608
	CEC du sol inférieur à 250 mmol kg ⁻¹	0,0507
	CEC du sol supérieur à 250 mmol kg ⁻¹	0,0848
Climat	Tempéré	-0,402

(Tableau A3.4–37). D'autres détails sur les méthodes d'estimation des coefficients d'émission d'ammoniac attribuable aux engrais azotés inorganiques se trouvent dans Sheppard et al. (2010a), et les simplifications retenues pour convertir les émissions mensuelles calculées dans la publication originale en une estimation annuelle sont documentées dans Liang (2014). En bref, d'après les données de Sheppard et al. (2010a), on suppose que les engrais sont appliqués au printemps ou à l'automne, soit lorsque les températures sont similaires. Ainsi, pour estimer les émissions, on utilise une valeur de température unique à laquelle les épandages annuels sont effectués dans chaque écorégion. Selon cette approche, la fraction des émissions provenant des engrais pendant la période d'épandage d'engrais varie d'à peu près 5 % à un maximum de 10 % (Tableau A3.4–37), selon l'année et la province.

Tableau A3.4–36 Coefficients d'émission d'ammoniac pour les engrais azotés inorganiques appliqués aux cultures annuelles, pondérés en fonction des propriétés du sol pour chaque province (%)

Province	Annuel			
	Urée	Ammoniac anhydre NH ₃	UNA ^a	Autres
AB	5	4,2	3,8	5,4
BC	4,8	4	3,7	5,2
MB	5,8	4,9	4,5	6,3
NB	7,4	3,9	4,5	4,5
NL	7,4	3,9	4,5	4,5
NS	7,3	3,9	4,4	4,4
ON	8,2	4,4	5	4,9
PE	7,3	3,9	4,4	4,4
QC	7,4	4	4,5	4,5
SK	5,1	4,2	3,9	5,5

Note :

a. UNA = Urée et nitrite d'ammonium

Tableau A3.4–37 **Fraction du N volatilisé (FRAC_{GAZE}) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale**

Année	CE concerné (kg de NH ₃ -N volatilisé/kg d'engrais azotés inorganiques épandus)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,060	0,087	0,065	0,067	0,074	0,075	0,081	0,063	0,089	0,055
1995	0,060	0,088	0,066	0,066	0,077	0,074	0,081	0,061	0,084	0,055
2000	0,062	0,098	0,066	0,058	0,051	0,063	0,079	0,053	0,081	0,056
2005	0,062	0,101	0,068	0,061	0,063	0,066	0,085	0,056	0,072	0,058
2010	0,061	0,094	0,066	0,054	0,068	0,062	0,075	0,050	0,072	0,057
2015	0,060	0,091	0,065	0,057	0,074	0,064	0,071	0,053	0,069	0,057
2016	0,060	0,090	0,066	0,054	0,060	0,057	0,076	0,049	0,072	0,056
2017	0,060	0,090	0,066	0,053	0,059	0,059	0,075	0,050	0,073	0,057
2018	0,060	0,090	0,066	0,049	0,056	0,054	0,077	0,046	0,074	0,056
2019	0,060	0,090	0,065	0,058	0,064	0,061	0,074	0,054	0,074	0,056
2020	0,060	0,092	0,066	0,065	0,069	0,070	0,072	0,061	0,071	0,056
2021	0,061	0,086	0,066	0,062	0,069	0,066	0,072	0,057	0,072	0,057

Tableau A3.4–38 **Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale**

Année	CE concerné (kg de NH ₃ -N volatilisé/kg d'engrais de fumier azotés épandus)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,13	0,10	0,16	0,20	0,19	0,20	0,18	0,18	0,17	0,15
1995	0,13	0,09	0,16	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,15
2000	0,12	0,09	0,15	0,18	0,19	0,18	0,17	0,18	0,16	0,14
2005	0,11	0,08	0,14	0,17	0,19	0,16	0,17	0,18	0,15	0,13
2010	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2015	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2016	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2017	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2018	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2019	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2020	0,11	0,09	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
2021	0,11	0,10	0,13	0,16	0,19	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12

Tableau A3.4–39 **Fraction du N produit par les porcs volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage d'engrais de fumier azotés, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale**

Année	CE concerné (kg de NH ₃ -N volatilisé/kg d'engrais de fumier azotés épandus)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,14	0,22	0,13	0,28	0,22	0,28	0,21	0,28	0,26	0,15
1995	0,13	0,22	0,12	0,27	0,22	0,27	0,21	0,27	0,25	0,13
2000	0,13	0,22	0,11	0,25	0,22	0,25	0,20	0,26	0,25	0,12
2005	0,12	0,22	0,11	0,25	0,22	0,24	0,20	0,25	0,24	0,12
2010	0,12	0,21	0,11	0,24	0,23	0,23	0,20	0,25	0,24	0,12
2015	0,13	0,21	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2016	0,13	0,21	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,24	0,12
2017	0,13	0,21	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,23	0,12
2018	0,12	0,20	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,23	0,12
2019	0,12	0,20	0,11	0,24	0,22	0,25	0,20	0,25	0,22	0,12
2020	0,12	0,20	0,11	0,24	0,23	0,26	0,20	0,25	0,22	0,12
2021	0,12	0,20	0,11	0,25	0,22	0,25	0,20	0,25	0,22	0,12

Tableau A3.4–40 **Fraction du N produit par les bovins laitiers volatilisé sous forme d'ammoniac qui résulte de l'épandage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, en 2021, à l'échelle provinciale**

Province	CE concerné (kg de NH ₃ -N volatilisé/kg de fumier azoté)
Alberta	0,035
Colombie-Britannique	0,041
Manitoba	0,036
Nouveau-Brunswick	0,039
Terre-Neuve-et-Labrador	0,036
Nouvelle-Écosse	0,039
Ontario	0,042
Île-du-Prince-Édouard	0,039
Québec	0,036
Saskatchewan	0,036

Lessivage et ruissellement

On estime les émissions de N₂O attribuables au lessivage et au ruissellement d'engrais azotés inorganiques et organiques et de résidus de culture azotés présents dans les sols agricoles à l'aide d'une méthode de niveau 1 modifiée du GIEC :

Équation A3.4–33

$$N_2O_L = \sum_i [(N_{ENG,i} + N_{FUM-CULTURES,i} + FUM_{PGPE,i} + N_{RES,i}) \times FRAC_{LESSIVAGE,i} \times CE_5] \times \frac{44}{28}$$

N_2O_L	=	émissions attribuables au lessivage et au ruissellement de N, kg N ₂ O an ⁻¹
$N_{ENG,i}$	=	engrais azotés inorganiques épandus dans un écodistrict <i>i</i> , kg N
$N_{FUM-CULTURES,i}$	=	engrais azotés organiques épandus dans un écodistrict <i>i</i> , kg N
$FUM_{PGPE,i}$	=	urine et fumier déposés dans les pâturages, les grands parcours et les enclos dans un écodistrict <i>i</i> , kg N
$N_{RES,i}$	=	azote de résidus de culture dans un écodistrict <i>i</i> , kg N
$FRAC_{LESSIVAGE,i}$	=	fraction du N perdue par lessivage et ruissellement dans un écodistrict <i>i</i> , comme défini ci-dessous
CE_5	=	coefficient d'émission attribuable au lessivage/ruissellement : 0,0075 kg N ₂ O-N kg N ⁻¹ (GIEC, 2006)
$44/28$	=	coefficient de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Détermination de la fraction de N perdue par lessivage ($FRAC_{LESSIVAGE}$) à l'échelon de l'écodistrict au Canada

Au Canada, les pertes de N par lessivage varient considérablement d'une région à l'autre. Dans certains systèmes agricoles du sud de la Colombie-Britannique, des apports de N élevés dans des conditions humides peuvent mener à des pertes supérieures à 100 kg de N ha⁻¹ (Paul et Zebarth, 1997; Zebarth et al., 1998). Cependant, ces systèmes agricoles ne représentent qu'une petite fraction des agroécosystèmes canadiens. En Ontario, Goss et Goorahoo (1995) ont prévu des pertes par lessivage de 0 à environ 37 kg de N ha⁻¹, soit de 0 % à 20 % des apports de N. Il est possible que les pertes par lessivage dans la majeure partie des Prairies soient inférieures, les précipitations et les apports de N y sont moins importants par unité de surface. Une étude de longue durée menée au centre de l'Alberta par Nyborg et al. (1995) indique que les pertes par lessivage sont minimales. De plus, Chang et Janzen (1996) n'ont relevé aucune preuve de lessivage du N dans des parcelles non irriguées et à fort épandage de fumier, et ce malgré d'importantes accumulations de nitrate dans le profil du sol.

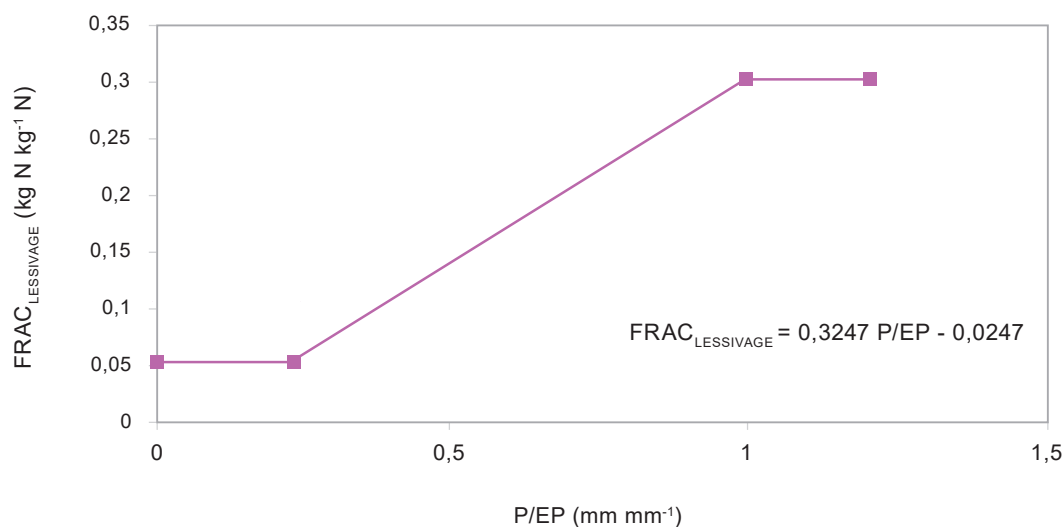
Les valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ peuvent atteindre un niveau aussi bas que 0,05 dans les régions où les précipitations sont largement inférieures à l'évapotranspiration potentielle, comme la région des Prairies au Canada, ou aussi élevé que 0,3 dans les régions humides (GIEC, 2006) de l'est du Canada. On pose donc l'hypothèse que la valeur $FRAC_{LESSIVAGE}$ varie entre un minimum de 0,05 et un maximum de 0,3, selon l'écodistrict.

Pour les écodistricts où la valeur des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle (P/EP) pendant la saison de croissance (de mai à octobre) est égale ou supérieure à 1, on a attribué la valeur maximale de $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ de 0,3 (GIEC, 2006). Pour les écodistricts affichant la plus faible valeur P/EP (0,23), une valeur minimale $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ de 0,05 a été attribuée. Pour les écodistricts où la valeur P/EP variait entre 0,23 et 1, on a estimé l'élément $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ à l'aide de la fonction linéaire qui relie les points de départ et d'arrivée (P/EP, $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$) = (1, 0,3; 0,23, 0,05) (Figure A3.4–8).

Les sources des données utilisées pour le calcul des valeurs de N_{ENG} , $N_{\text{FUM-CULTURES}}$, FUM_{PGPE} et N_{RES} (section A3.4.5.1) à l'échelle de l'écodistrict sont indiquées dans les sections précédentes.

La valeur $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ à l'échelon de l'écodistrict a été calculée à l'aide des normales à long terme des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle mensuelles, de mai à octobre, entre 1971 et 2000 (base de données archivées d'AAC).

Figure A3.4–8 **Détermination des valeurs de $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ pour l'écodistrict**



A3.4.6. Estimations de l'incertitude sur les émissions de N₂O

Une analyse d'incertitude approfondie a été effectuée concernant l'ensemble des principes méthodologiques utilisés pour le calcul des émissions de N₂O provenant des animaux d'élevage et des sols agricoles pour l'année 2010 (Karimi-Zindashty et al., 2014). L'analyse n'a pas encore été publiée, et sa profondeur était limitée à cause de la taille et la complexité de l'approche canadienne de quantification du N₂O et des limites supérieures de la capacité de traitement de données du logiciel Analytica. Toutefois, l'analyse a fourni les limites d'incertitude pour les principales catégories de sources d'émissions. Aux fins du présent rapport, les plages d'incertitude (en pourcentage) établies pour les moyennes de 2010 ont été appliquées aux moyennes de l'année en cours. Dans le cadre de l'analyse, une reproduction stochastique de la méthode complète de quantification des émissions de N₂O a été développée dans Analytica© à l'échelle des écodistricts, et une simulation de Monte-Carlo a été réalisée selon la méthode proposée dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Une analyse de sensibilité a été effectuée pour déterminer les paramètres qui ont contribué le plus aux différentes catégories de sources d'émissions.

Les paramètres utilisés dans le calcul des émissions de N₂O peuvent être divisés en trois catégories : 1) ceux qui sont associés aux données à l'échelle de l'écodistrict; 2) les données à l'échelle provinciale; et 3) les paramètres à l'échelle nationale/GIEC (Tableau A3.4–39). La majorité des paramètres à l'échelle nationale sont tirés directement des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) ou des travaux d'élaboration de méthodologie originaux propres au pays réalisés par Rochette et al. (2008); ils sont soit calculés de façon analytique ou obtenus à partir de l'opinion d'experts, plus précisément d'un groupe composé de quatre experts des émissions de GES agricoles. Les paramètres à l'échelle provinciale comprennent, entre autres, les ventes d'engrais et les caractéristiques des cultures agricoles, les sources d'incertitude étant le sondage de Statistique Canada et l'opinion

d'experts sur les caractéristiques des cultures agricoles. L'incertitude sur les populations d'animaux d'élevage et les paramètres de gestion pour les catégories d'animaux étaient identiques à ceux dont il a été question aux sections A3.4.2.4 et A3.4.3.9; les distributions utilisées pour définir les incertitudes se trouvent dans le Tableau A3.4–12 et le Tableau A3.4–22. Les paramètres à l'échelle du paysage ont été obtenus à partir de la base de données des paramètres des pédopaysages agricoles développée par AAC et utilisés dans les estimations de la production des terres cultivées pour l'ATCATF. L'incertitude sur les paramètres à l'échelle d'un paysage spécifique était fondée sur les règles générales utilisées dans la production d'estimations de l'incertitude pour le C des terres cultivées, selon lesquelles l'incertitude quant à un paramètre à l'échelle du paysage est inversement proportionnelle à la taille relative de l'unité de paysage, c.-à-d. les paramètres plus petits associés à des écodistricts plus petits présentent une plus grande incertitude. Les limites de l'incertitude pour les différents paramètres sont variables. Par exemple, les incertitudes relatives à la distribution animale étaient de ± 30 % dans le cas des petits écodistricts et de ± 5 % dans le cas des grands écodistricts; tandis que, pour la fraction des basses terres dans un écodistrict donné, la variabilité se limitait à ± 10 % pour les petits écodistricts et à $\pm 1,25$ % pour les grands écodistricts. L'analyse actuelle n'englobe pas les nouveaux coefficients d'émission propres au pays pour les émissions de N_2O attribuables au fumier animal déposé dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, mais elle inclut l'analyse des émissions prenant en compte le coefficient d'émission attribuable au lessivage des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Les résultats sommaires de l'analyse des incertitudes relatives aux émissions de N_2O sont présentés au Chapitre 5. La plage d'incertitude pour les émissions de N_2O issues de sources agricoles est de 56 % (de -27 % à +29 % de la moyenne). La plupart des incertitudes sont associées aux émissions indirectes et, particulièrement, aux coefficients d'émission indirecte pour le N volatilisé et le N perdu par lessivage, l'étendue de la plage d'incertitude sur les émissions indirectes étant estimée à 126 % (de -58 % à +68 % de la moyenne). Les émissions sont biaisées vers la partie inférieure de la distribution de probabilité des émissions, parce que l'incertitude liée au coefficient d'émission a zéro comme limite et que la variabilité du coefficient d'émission est exprimée sous forme de facteur dans l'échelle inférieure; une variation de 1 % à 0,2 % a une plus faible incidence sur les émissions totales qu'une variation de 1 % à 5 % dans la partie supérieure de la distribution de probabilité. L'étendue de la plage d'incertitude des émissions directes de N_2O provenant des sols agricoles est de 69 % (de -31 % à +38 % de la moyenne). On compte peu d'études complètes sur les incertitudes relatives aux émissions de N_2O . Dans une étude directement comparable à cette analyse des incertitudes, Monni et al. (2007) ont estimé que les émissions totales de N_2O en Finlande variaient de -50 % à +70 % de la moyenne estimée des émissions. Ils ont utilisé une combinaison comprenant la méthode propre au pays et la méthode par défaut de niveau 1 du GIEC pour les estimer. Au cours d'une étude des incertitudes effectuée récemment au Royaume-Uni, Milne et al. (2013) ont constaté de grandes plages d'incertitude pour les émissions directes, indirectes et totales de N_2O , ces plages allant de -56 % à +140 %; de -91 % à +370 %; et de -55 % à +110 %, respectivement. Les incertitudes sur les paramètres en ce qui nous concerne étaient semblables à celles des chercheurs du Royaume-Uni, mais il semble que le niveau élevé de subdivision spatiale de l'approche canadienne de quantification du N_2O ait donné lieu à une incertitude globale légèrement inférieure. L'incertitude associée à la fraction des émissions provenant des engrais azotés inorganiques serait réduite de ± 200 % par les coefficients d'émission par défaut du GIEC (GIEC, 2006) compte tenu de la méthode propre à chaque pays utilisée dans le cadre de ce rapport.

Selon l'analyse de sensibilité, les incertitudes sur les coefficients d'émission indirecte étaient celles qui contribuent le plus à l'incertitude globale. L'incertitude associée aux émissions directement attribuables aux sols était dominée par l'utilisation de l'incertitude dans le coefficient d'émission de niveau 1 pour les émissions provenant du fumier dans les pâturages, les grands parcours et les enclos (PGPE), la pente de l'équation de régression P/EP et le modificateur du coefficient d'émission pour le travail du sol et la texture (CR_{TS} , CR_{TX}). Le CE pour les systèmes de gestion des fumiers solides était la plus grande source d'incertitude dans l'estimation des émissions de N_2O provenant des SGF. Pour réduire l'incertitude, il faudra remplacer les modificateurs et coefficients d'émission par défaut de niveau 1 dans la méthodologie.

Tableau A3.4–41 Paramètres d'incertitude utilisés dans le calcul des émissions de N₂O agricoles

Paramètre	Source du coefficient/ paramètre	Type de distribution	Plage d'incertitude	Valeur la plus probable ^b	Distribution de l'incertitude – Source et notes
Paramètres à l'échelle nationale et du GIEC					
Données sur les populations d'animaux et la caractérisation ^a	Lignes directrices du GIEC (2006)				Karimi-Zindashty et al. (2012), de Statistique Canada, communication personnelle
Excrétion d'azote (N)		Normale	±50 %	GIEC (par défaut)	Voir les tableaux 10.22/10.23 des Lignes directrices du GIEC (2006)
FRAC _{GAZ} /FRAC _{PerteSG}		Triangulaire	GIEC (par défaut)	GIEC (par défaut)	
Coefficient d'émission SGF		Triangulaire	Liquide 0,0005–0,002 PGPE 0,007–0,06	Minimum liquide - 0,001 Maximum PGPE - 0,02	
Caractéristiques des cultures					
Teneur H ₂ O	Janzen et al. (2003)	Normale	±15 %		Opinion d'experts
Affectation de matière sèche relative pour les résidus (produit; en surface [AG] et souterrain [BG])					
FRAC _{RENOU} (durée)					
Concentration d'azote (N) dans les résidus (AG et BG)					
Coefficients/modificateurs d'émission directe et indirecte					
Paramètres de régression P/EP	Rochette et al. (2008)	Normale	Intersection ±54 % Pente ±21 %		Opinion d'experts
FRAC _{LESSIVAGE} – paramètres de calcul			Intersection ±54 % Pente ±21 %		
CR _{TS}			±100 %		
CR _{TX}			±30 %		
CE _{lessivage}	Lignes directrices du GIEC (2006)	Triangulaire	0,002–0,12	0.025	Lignes directrices du GIEC (2006)
CE _{VD}			0,002–0,05	0.01	
CE _{HIST}			2–24	8	
Paramètres à l'échelle provinciale					
Taux d'épandage d'engrais (kg/ha)	Les coefficients sont tirés de ceux couramment utilisés dans les documents et les études de modélisation d'AAC ^c .	Normale	±15 %		Opinion d'experts
Ventes d'engrais provinciales	Statistique Canada	Normale	±15 %		Interprétation de l'évaluation de la qualité des données dans le Rapport de Statistique Canada
Paramètres à l'échelle de l'écodistrict					
P et EP	Données des stations météorologiques	Normale	5-15 %		Fondés sur les données de stations météorologiques individuelles; moyenne sur 30 ans
Superficie totale de l'écodistrict	Base de données agricole des pédo-paysages géoréférencés d'AAC ^c , dérivée du Recensement de l'agriculture, 1991-2011	Normale	Fonction de la taille relative de l'écodistrict : Incertitude maximale de 30 % pour les petits écodistricts; incertitude minimale de 3 % pour les plus grands écodistricts; les valeurs maximales et minimales varient selon le paramètre.		Fondés sur la méthodologie relative à l'incertitude utilisée dans la quantification du carbone pour les terres cultivées
Superficies des cultures					
Distribution des populations d'animaux dans l'écodistrict					
CR _{TOPO} (fraction des basses terres d'un écodistrict donné)					
Étendue des sols organiques					
Superficie des sols irrigués					
Texture du sol – cultures annuelles					
Texture du sol – cultures pérennes					
Notes :					
a. Les incertitudes associées à la plupart des paramètres relatifs aux animaux d'élevage sont décrites à la section A3.4.2.4 et à la section A3.4.3.8, et les distributions utilisées pour définir les incertitudes sont fournies dans le tableau A3.1–7 et le tableau A3.2–8.					
b. Indiquée au besoin lorsqu'une distribution triangulaire est utilisée.					
c. Agriculture et Agroalimentaire Canada					

A3.4.7. Émissions de CH₄ et de N₂O attribuables au brûlage de résidus agricoles dans les champs

Au Canada, les résidus de récolte sont parfois brûlés, parce qu'il est pratique de le faire ou pour limiter la propagation de maladies par leur élimination. Toutefois, selon l'opinion d'experts, cette pratique a diminué en popularité depuis quelques années en raison des préoccupations qu'elle suscite sur le plan de la qualité des sols et de l'environnement.

Le brûlage dans les champs des résidus agricoles produit du CH₄ et du N₂O. La quantité de résidus de récolte qui sont brûlés au Canada peut être estimée comme suit :

Équation A3.4–34

$$Q_{BRULÉS} = \sum_T (PRODUCTION_T \times (1 - TENEUR_T) \times RapportRS/P_T \times PRB_T \times FACTEUR_{échelle})$$

$Q_{BRULÉS}$	=	quantité de résidus de récolte brûlés pour une culture T par province, Mg de matière sèche an ⁻¹
$PRODUCTION_T$	=	production totale du type de culture T, Mg an ⁻¹
$TENEUR_T$	=	teneur en humidité du produit de la culture T, fraction
$RapportRS/P_T$	=	rapport entre les résidus de récolte au sol et le produit cultivé pour une culture T, sans unités
PRB_T	=	pourcentage de résidus de récolte qui sont brûlés dans les champs pour la culture T, fraction
$FACTEUR_{échelle}$	=	facteur d'échelle ou d'intensité ajusté pour le brûlage en 2006, sans unités

En 2001 et en 2006, dans le cadre de son Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA)¹³, Statistique Canada a notamment recueilli des données sur le brûlage des résidus de récolte. Le type de culture et l'ampleur du brûlage des résidus pour chaque province n'étaient disponibles que pour 2006. Ces données ont été recueillies dans le cadre de l'EGA et sont résumées dans le Tableau A3.4–42. Afin d'établir une série chronologique complète, des données sur les activités, des renseignements supplémentaires, pour les années 1991 et 1996, ont été recueillis sur le brûlage des résidus de récolte par le biais de consultations d'experts (Coote et al., 2008). On a donc supposé qu'une culture ayant fait l'objet d'un brûlage en 2006 a fait l'objet d'un brûlage pour l'ensemble de la série chronologique.

Tableau A3.4–42 Brûlage des résidus de récolte selon les types de culture en 2006							
Province/territoire	Blé du printemps	Blé d'hiver	Avoine	Orge	Grains mélangés	Graine de lin	Canola
% de résidus de récolte brûlés (en poids)							
AB	0	0	0	0	0	8	0
BC	0	0	0	0	0	0	0
MB	2	3	3	1	0	17	1
NB	0	0	1	0	0	0	0
NL	0	0	0	0	0	0	0
NS	33	0	0	0	0	0	0
ON	0	0	0	1	2	0	0
PE	3	0	0	1	0	0	0
QC	0	0	1	0	0	0	0
SK	0	0	0	0	0	15	1

13 Disponible en ligne : http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044.

L'intensité du brûlage de résidus de récolte dans chaque province pour les années 1991, 1996 et 2001 a été ajustée sous la forme d'un ratio basé sur le brûlage moyen pour 2006. Les caractéristiques de base d'une culture, telles que la teneur en humidité du produit cultivé et le rapport entre les résidus de récolte au sol et le produit cultivé, sont fournies par Janzen et al. (2003). La production annuelle de chaque culture dont les résidus de récolte font l'objet de brûlage est disponible (Statistique Canada, s.d. [g]). D'autres paramètres, comme la fraction de biomasse réellement brûlée et les coefficients d'émission nécessaires à l'estimation des émissions, sont tirés des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Les émissions de N₂O et de CH₄ attribuables au brûlage des résidus de récolte sont estimées à l'aide de l'équation suivante :

Équation A3.4–35

$$ÉMISSIONS_{BRÛLAGE} = \sum_i (Q_{BRÛLÉS,i} \times C_F \times G_{CE}) / 1000$$

$ÉMISSIONS_{BRÛLAGE}$	=	émissions de N ₂ O ou de CH ₄ attribuables au brûlage des résidus de récolte au Canada, kt de N ₂ O ou de CH ₄
$Q_{BRÛLÉS,i}$	=	quantité de résidus brûlés dans une province <i>i</i> , Mg de matière sèche an ⁻¹
C_F	=	rendement énergétique (GIEC, 2006), sans unité
G_{CE}	=	coefficient d'émission (GIEC, 2006), 0,00007 kg de N ₂ O ou 0,0027 kg de CH ₄ kg ⁻¹ de matière sèche brûlée
1000	=	coefficient de conversion de Mg en kt

A3.4.8. Émissions de CO₂ attribuables au chaulage et à l'application d'urée

A3.4.8.1. Émissions de CO₂ résultant du chaulage

Le calcaire (CaCO₃) est souvent employé pour neutraliser les sols acides, accroître la disponibilité des nutriments du sol (en particulier le phosphore), réduire la toxicité des métaux lourds et améliorer le milieu de croissance des cultures. Durant ce processus de neutralisation, les réactions d'équilibre du bicarbonate qui surviennent dans le sol libèrent du CO₂.

Le taux de libération de CO₂ varie selon les conditions du sol et les types de composés épandus. Dans la majorité des cas, on procède à un chaulage répétitif. C'est pourquoi, aux fins de l'inventaire, on suppose que le taux annuel de chaulage atteint quasiment l'équilibre avec la consommation de chaux des années précédentes. Les émissions associées au chaulage sont calculées à partir de la quantité de chaux épandue annuellement.

La quantité de C libérée par l'épandage de chaux ou de dolomite est calculée à l'aide de la méthode de niveau 1 par défaut du GIEC (GIEC, 2006) :

Équation A3.4–36

$$CO_2 - C \text{ Émission} = \sum (M_{\text{calcaire/dolomite},i} \times CE_{\text{calcaire/dolomite}})$$

$CO_2 - C \text{ Émission}$	=	émissions annuelles de C dues à l'application de chaux, Mg C an ⁻¹
$M_{\text{calcaire/dolomite},i}$	=	quantité annuelle de calcaire et de dolomite consommée dans la province <i>i</i> , Mg an ⁻¹
$CE_{\text{calcaire/dolomite}}$	=	0,12, coefficient d'émission pour le calcaire ou 0,13, coefficient d'émission pour la dolomite

La quantité de chaux et de dolomite utilisée à des fins agricoles ne provient pas du RDA de Statistique Canada, mais plutôt de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (1990 à 2006) de Ressources naturelles Canada. Pour les années plus récentes, cette information n'est disponible que sur demande¹⁴. Cette source de données offre une série chronologique de données d'activités plus cohérente et complète au sujet du chaulage agricole au Canada. Étant donné que cette source ne fournit aucune donnée sur le ratio dolomite-calcaire, on a utilisé le ratio tiré de données recueillies par le biais de consultations avec l'Institut canadien des engrais.

14 [RNC] Ressources naturelles Canada. 2007–2016. Canada, Production de calcaire – Pierres. Données non publiées. Ressources naturelles Canada, Division de la statistique sur les minéraux et l'activité minière.

On estime que les limites de confiance de 95 % associées aux données sur la consommation annuelle de chaux ont un taux d'incertitude de ± 30 %. On a postulé que cette incertitude englobait l'incertitude des ventes de chaux, l'incertitude du moment effectif d'application de la chaux vendue et, par conséquent, l'incertitude du moment où les émissions se produisent. L'incertitude du coefficient d'émission a été fixée à -50 %, conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC.

Tableau A3.4-43 **Brûlage des résidus de récolte par province, au Canada, pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006**

Province/territoire	1991 ^a	1996 ^a	2001 ^b	2006 ^b
	% de résidus de récolte brûlés (en poids)			
AB	0,8	0,7	0,2	0,2
BC	0	0	0	0
MB	12,6	10,1	8,9	2,3
NB	0,5	0,5	0,5	0,5
NL	0	0	0	0
NS	0,5	0,5	0,5	0,5
ON	0,7	0,7	0,7	0,3
PE	0,4	0,4	0,4	0,4
QC	0,4	0,4	0,4	0,3
SK	8,1	5,8	3,9	1,5

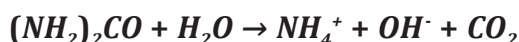
Notes :

a. Les données ont été obtenues dans le cadre de consultations effectuées par Coote et al. (2008).

b. Les données sont tirées de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale 2001 et de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale 2006 menées par Statistique Canada.

A3.4.8.2. Émissions de CO₂ dues à l'application d'urée

L'épandage d'urée ou d'engrais azotés à base d'urée pour stimuler la production culturale libère du CO₂ par hydrolyse, comme suit :



En plus de l'urée, les agriculteurs canadiens utilisent également des quantités importantes de nitrate d'ammonium d'urée (28-0-0) avec un mélange de 30 % CO(NH₂)₂. Les émissions de CO₂ dues à l'application d'urée peuvent être estimées au moyen de l'Équation A3.4-37 :

Équation A3.4-37

$$CO_2 - C \text{ Émission} = \sum (M_{Urée,i} \times CE_{Urée})$$

$CO_2 - C \text{ Émission}$ = émissions annuelles de C résultant de l'application d'urée, Mg C an⁻¹

$M_{Urée,i}$ = quantité annuelle d'urée appliquée, Mg an⁻¹

$CE_{Urée}$ = coefficient d'émission de 0,20

Statistique Canada recueille et publie des données sur les expéditions d'engrais annuelles, y compris l'urée et le nitrate d'ammonium d'urée (Statistique Canada, s.d. [h], Statistique Canada, s.d. [i]). L'estimation d'incertitude associée aux émissions est évaluée selon une propagation d'erreur simple, selon un taux d'incertitude du sondage de ± 15 % pour les données d'activités et un taux d'incertitude de -50 % associé au coefficient d'émission prescrit par les Lignes directrices 2006 du GIEC.

A3.5. Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) de l'inventaire comprend les estimations des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre (GES) liées aux terres aménagées et à la conversion de terres d'une catégorie à une autre.

Comme dans le chapitre 6, la structure de cette annexe cherche à préserver les catégories de déclaration fondées sur l'utilisation des terres, tout en regroupant les méthodologies connexes de collecte des données et d'établissement des estimations. La section A3.5.1 résume le cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des superficies. La méthode générale d'estimation des fluctuations des stocks de carbone (C), des émissions et des absorptions dans toutes les catégories associées aux forêts, y compris les Terres forestières, les Terres converties en terres forestières et les sous-catégories associées à la conversion de forêts en autres terres, est décrite brièvement à la section A3.5.2. Cette description n'est pas répétée pour les sous-catégories des Terres forestières converties en terres cultivées, des Terres forestières converties en terres humides et des Terres forestières converties en établissements. La section A3.5.3 donne une description générale de la méthode permettant d'estimer les émissions liées à l'utilisation et à l'élimination des produits ligneux récoltés (PLR) à partir du bois récolté au Canada et la section A3.5.4 décrit les méthodes utilisées pour quantifier les répercussions des pratiques de gestion sur les terres agricoles pour la catégorie des Terres cultivées. De même, les sections sur les Prairies (A3.5.5), les Terres humides (A3.5.6) et les Établissements (A3.5.7) portent sur les méthodes d'estimation propres à chacune de ces catégories.

A3.5.1. Cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des superficies dans le secteur ATCATF

Le système canadien de surveillance du secteur ATCATF repose sur une étroite collaboration entre scientifiques et experts de différentes disciplines. Dès le départ, il a été reconnu que les démarches, les méthodes, les outils et les données disponibles appropriés à la surveillance des activités humaines dans une catégorie de terres ne convenaient pas nécessairement aux autres catégories. Il existe des différences dans le cadre spatial utilisé par chaque catégorie de terres, et ces différences entraînent le risque que les données sur les activités et les estimations deviennent incohérentes sur le plan spatial. L'ensemble des partenaires contribuant au secteur ATCATF a convenu d'un cadre spatial hiérarchique permettant d'obtenir le niveau le plus élevé possible d'uniformité et d'intégrité spatiale dans les estimations de l'inventaire.

Dans les rapports d'inventaire de GES, on trouve des données du secteur ATCATF dans 18 zones de déclaration (Chapitre 6, figure 6–1). Ces zones de déclaration sont essentiellement les mêmes que les écozones du Cadre écologique national pour le Canada, un système de classification national et spatialement homogène (Marshall et al., 1999). Aux fins de présentation des estimations de l'ATCATF, trois écozones ont été divisées en trois unités plus petites : les écozones du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier sont subdivisées en secteurs est et ouest pour former quatre zones de déclaration; tandis que l'écozone des Prairies est subdivisée en un secteur semi-aride et un secteur subhumide (McGovern, 2014). Ces subdivisions ne modifient aucunement la nature hiérarchique du cadre spatial.

Les unités analytiques constituent le niveau de résolution spatiale le plus élevé et sont propres à chaque système d'estimation. Dans les forêts aménagées, les unités analytiques résultent du recoupement géographique des zones de déclaration (Chapitre 6, figure 6–1) et des unités d'aménagement forestier provinciales et territoriales. Pour les besoins de cette évaluation, les forêts aménagées ont été classées en 607 unités analytiques dans 12 provinces et territoires (le Nunavut a été exclu, car il n'y a pas de forêt aménagée dans cette région nordique) (Tableau A3.5–1). Il peut y avoir des changements quant au nombre d'unités analytiques spatiales d'une déclaration à l'autre, pour refléter des ajustements de l'intégration de multiples couches spatiales. Par exemple, les modifications apportées aux frontières administratives, aux zones de récolte du bois d'œuvre et aux parcs peuvent faire en sorte que les unités ne respectent pas les critères pour l'analyse séparée et doivent donc être regroupées.

Les polygones des pédopaysages du Canada¹ (PPC) constituent le cadre spatial le mieux adapté pour le suivi des GES émis par les terres agricoles. Un pédopaysage décrit un groupe de sols et les paysages connexes, comme le modelé de la surface, la pente, la teneur caractéristique en C du sol dans les utilisations des terres agricoles indigènes et dominantes et la profondeur de la nappe phréatique. Les paysages pédologiques sont liés spatialement aux polygones des PPC (les unités d'analyse), qui peuvent contenir un ou plusieurs éléments distinctifs du pédopaysage. Les 12 353 polygones des PPC s'inscrivent dans le degré de généralisation suivant (1 027 écodistricts), lesquels sont ensuite regroupés en 194 écorégions et 15 écozones. Les polygones des PPC sont de l'ordre de 1 000 à 1 000 000 d'hectares et conviennent à l'établissement de cartes à l'échelle de 1:1 million.

1 Disponible en ligne à l'adresse : <http://sis.agr.gc.ca/siscan/>.

Tableau A3.5–1 Nombre d'unités analytiques spatiales des forêts aménagées

Province/Territoire	Nombre d'unités analytiques
Terre-Neuve-et-Labrador (NL)	24
Île-du-Prince-Édouard (PE)	1
Nouvelle-Écosse (NS)	1
Nouveau-Brunswick (NB)	1
Québec (QC)	129
Ontario (ON)	52
Manitoba (MB)	70
Saskatchewan (SK)	40
Alberta (AB)	181
Colombie-Britannique (BC)	65
Yukon (YT)	13
Territoires du Nord-Ouest (NT)	30
Nunavut (NU)	0
Canada	607

Les unités analytiques servant à estimer la superficie des terres forestières converties à d'autres affectations sont le résultat de l'intersection spatiale des strates de conversion des forêts (Figure A3.5–6) avec les frontières écologiques et administratives. La méthode d'échantillonnage retenue pour le suivi de la conversion des forêts impose certaines restrictions aux unités analytiques : elles doivent être aussi uniformes que possible en ce qui a trait aux schémas de conversion des forêts et assez vastes pour qu'on puisse y prélever des échantillons de taille acceptable, compte tenu du taux de prélèvement prédéterminé.

Les unités analytiques de différentes catégories d'affectation des terres peuvent se recouper. Le plus souvent, on ignore l'emplacement exact des activités ou perturbations au sein d'une unité. Par conséquent, les données sur les activités relatives aux différentes catégories d'affectation des terres ne peuvent pas être harmonisées sur le plan des unités analytiques. Le rapprochement spatial se fait dans 60 unités de rapprochement (UR), qui sont issues de l'intersection spatiale des zones de déclaration et des limites des provinces et des territoires. Les procédures de contrôle de la qualité (CQ) et d'assurance de la qualité (AQ) sont menées au niveau des unités analytiques (pendant l'établissement des estimations) et au niveau des UR (à l'étape de la compilation des estimations).

La masse continentale totale du Canada indiquée dans le Tableau 4.1 du CUPR est estimée à l'aide des couches géomatiques établies à partir des polygones des PPC et la qualité est vérifiée à l'aide des données provenant de l'Atlas du Canada²; elle comprend la superficie du territoire (estimée à 906 676,55 kha) et la superficie recouverte par les eaux douces (estimée à 89 680,51 kha). L'estimation des superficies de forêts aménagées et non aménagées au Canada s'appuie sur les procédures d'estimation de l'Inventaire forestier national (IFN) du Canada, dont les résultats sont rapprochés des superficies de forêts obtenues d'autres sources, lesquelles sont décrites à la section A3.5.2.5. Le rapprochement des estimations de superficie totale des forêts est nécessaire parce que le cadre de modélisation du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF) et l'IFN s'appuient sur des définitions différentes de la fermeture de la canopée et utilisent des méthodes d'estimation différentes. Les superficies nationales totales pour le Canada varient selon la source de données. Toutefois, comme les polygones des PPC sont la couche de base du Cadre écologique pour le Canada, cette source de données est considérée comme la plus appropriée pour garantir la cohérence avec l'ATCATF.

A3.5.2. Terres forestières et changement d'affectation des terres d'ordre forestier

A3.5.2.1. Modélisation du carbone

L'estimation des fluctuations des stocks de C, des émissions et des absorptions de C par les forêts aménagées, de la conversion des terres forestières à d'autres affectations et de la conversion d'autres terres en terres forestières est effectuée à l'aide de la version 3 du *Modèle du bilan carbone du secteur forestier canadien* (MBC-SFC3) (Kurz et al., 2009), le plus récent d'une famille de modèles dont le développement remonte à la fin des années 1980 (Kurz et al., 1992). Ce modèle intègre les renseignements tirés de l'inventaire des forêts (âge du peuplement, superficie et composition taxinomique), des

2 Disponible en ligne à l'adresse : <https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-et-publications/cartes/atlas-canada/10802>.

courbes de volume marchand en fonction de l'âge, des équations de conversion du volume marchand des peuplements en biomasse totale, des données sur les perturbations naturelles et anthropiques, ainsi que des simulations des transferts de C entre réservoirs et des échanges atmosphériques qui sont associés aux processus des écosystèmes et à divers événements.

Les processus de l'écosystème modélisés par le MBC-SFC3 pour établir les estimations présentées ici sont la croissance, le dépôt de litière, la mortalité des arbres ne résultant pas de perturbations et la décomposition. Le MBC-SFC3 modélise aussi, entre autres, les activités d'aménagement, la conversion des forêts et les perturbations naturelles. Les activités d'aménagement représentées sont la coupe à blanc, la coupe progressive, la coupe d'ensemencement, la récolte sélective, l'éclaircie commerciale, l'éclaircie précommerciale, la coupe de récupération, la récolte de bois de chauffage résidentiel et le brûlage des résidus de récolte. Le modèle simule en outre différentes pratiques de conversion des forêts, y compris le brûlage dirigé.

On peut établir une correspondance entre les réservoirs de C forestiers représentés dans le modèle et ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Tableau A3.5–2). Bien que cela ne soit pas illustré dans le présent rapport, les réservoirs de la biomasse vivante sont ensuite subdivisés en deux ensembles, pour les essences feuillues et les essences résineuses.

Les processus annuels de l'écosystème sont simulés sous forme de transferts de C entre les réservoirs à chaque pas de temps (annuel), dans chaque relevé d'inventaire (Figure A3.5–1). Pendant les processus annuels, le C est capté dans le réservoir de biomasse et une partie de cette biomasse est transférée à des réservoirs de matière organique morte (MOM). La décomposition de cette MOM entraîne le transfert du C qu'elle contient à un autre réservoir de C (p. ex., chicots de tiges à bois mort moyen), à un réservoir de sol lent ou à l'atmosphère. Des informations supplémentaires sur la structure des réservoirs et les taux de décomposition sont fournies dans Kurz et al. (2009). Les taux de transfert de C sont définis pour chaque réservoir, sur la base des taux de renouvellement spécifiques au réservoir (pour les réservoirs de biomasse) ou des taux de décomposition (MOM et réservoirs de sol). Les taux de renouvellement peuvent être très élevés (par exemple 95 % pour le feuillage des feuillus) ou très lents (par exemple < 1 % pour le bois de tige). Les taux de décomposition annuels sont définis en fonction d'une température de référence moyenne annuelle de 10 °C et affichent une sensibilité à la température selon les relations Q10 définies. Ils varient entre 50 % (pour les réservoirs de MOM très rapides, comme les racinelles mortes) et 0,0032 % (pour les réservoirs de sol lents).

Tableau A3.5–2 **Réservoirs de carbone forestier selon les lignes directrices du GIEC et la modélisation MBC-SFC3**

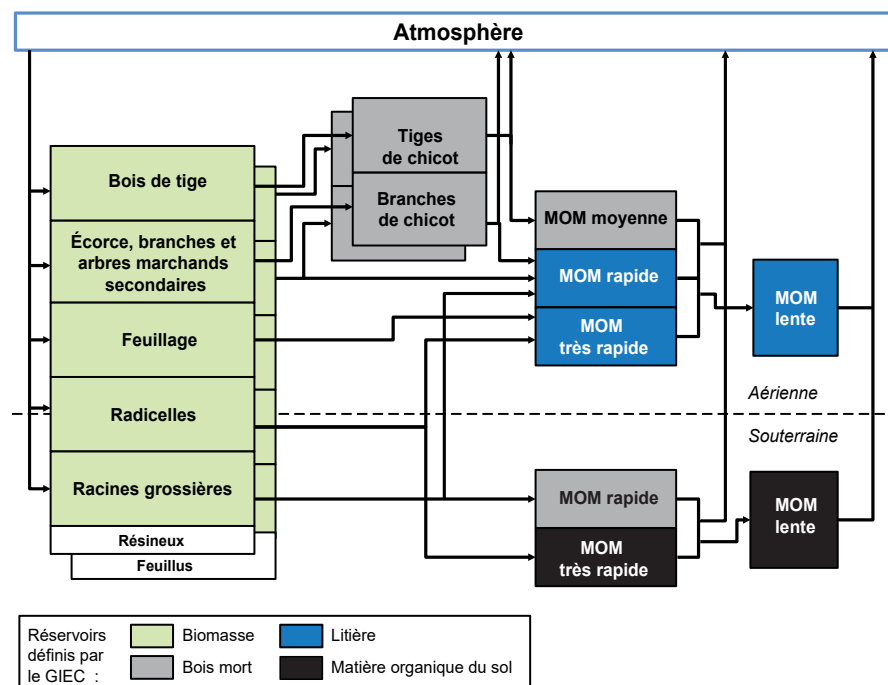
Réservoirs de carbone du GIEC		Noms des réservoirs selon le MBC-SFC3
Biomasse vivante	Biomasse aérienne	Bois de tige marchand Autres (bois de tige marchand secondaire, cimes, branchages, souches, arbres, invendables) Feuillage
	Biomasse souterraine	Racinelles Racines grossières
Matière organique morte (MOM)	Bois mort	Bois mort aérien rapide Bois mort souterrain rapide Moyen Chicot de tiges de résineux Chicot de branches de résineux Chicot de tiges de feuillu Chicot de branches de feuillu
	Litière	Litière aérienne très rapide Litière aérienne lente
Sols	Matière organique du sol	Souterrain très rapide ^a Souterrain lent Carbone noir ^b Tourbe ^b

Notes :

a. Le réservoir souterrain très rapide comprend les racinelles mortes et en décomposition, qui, dans la pratique, sont inséparables du sol.

b. Actuellement, le carbone noir et la tourbe ne sont pas estimés.

Figure A3.5-1 Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC-SFC3



Note :

Source : White et al. (2008)

La simulation considère la croissance comme un processus annuel. Chacun des relevés (environ 3 millions) utilisés par les 607 unités analytiques de l'inventaire forestier est associé à une courbe de rendement qui définit la dynamique du volume marchand brut dans le temps. L'affectation d'un relevé de l'inventaire à la courbe appropriée repose sur un ensemble de facteurs de classification qui inclut la province, la strate écologique, les essences dominantes, la classe de productivité et plusieurs autres éléments de classification qui diffèrent entre les provinces et les territoires. Les ensembles de courbes pour chaque province et territoire du Canada s'apparentent à ceux qui sont utilisés par les organismes de gestion des ressources dans le cadre des processus de planification forestière et sont extraits de parcelles d'échantillonnage permanentes ou provisoires ou d'autres données des inventaires forestiers.

Pour convertir les courbes de volume marchand brut en courbes de biomasse aérienne, on utilise une série d'équations conçues pour l'inventaire forestier national du Canada (Boudewyn et al., 2007). Calculées pour chaque province ou territoire, chaque écozone, chaque essence dominante ou type de forêt, ces équations estiment la biomasse aérienne de chaque élément de peuplement à partir du calcul du volume du bois de tige marchand (par hectare [ha]). Enfin, les réservoirs de biomasse souterraine sont estimés au moyen d'équations de régression (Li et al., 2003). On ne se sert pas des accroissements annuels moyens dans les calculs.

La modélisation des transferts de C déclenchés par les perturbations repose sur le type et la gravité de la perturbation, l'écosystème forestier touché et la région écologique. Pour les besoins de la modélisation, différentes pratiques de conversion des forêts sont également représentées comme des perturbations. L'impact d'une perturbation est représenté par une matrice de perturbation, qui précise, pour un ou plusieurs types de perturbations, la proportion de C de chaque réservoir de l'écosystème qui est transférée vers d'autres réservoirs, rejetée dans l'atmosphère ou transférée dans le réservoir des PLR (Figure A6.5-1). Dans le présent rapport, la simulation est fondée sur 204 matrices de perturbations. Le nombre de matrices de perturbations dépend des données disponibles sur les activités (p. ex. la résolution spatio-temporelle des données sur les perturbations) et des connaissances nécessaires pour établir les paramètres des matrices de perturbations pour des régions ou des intensités de perturbations plus précises.

Sur les terres perturbées, la quantité de C émise sous forme de CO₂ par chaque réservoir au moment de la perturbation, documentée dans chacune des matrices de perturbation, peut être propre au réservoir, au type de forêts, à l'intensité de la perturbation et à la zone écologique. C'est pourquoi aucun coefficient d'émission de CO₂ ne s'applique à toutes les

perturbations d'un type donné, comme les incendies. À quelques exceptions près, la proportion de C total émis dans chaque GES qui renferme du C (CO_2 , CO et CH_4) associé à des incendies demeure constante : 90 % du C est émis sous forme de CO_2 , 9 % sous forme de CO et 1 % sous forme de CH_4 (Cofer et al., 1998; Kasischke et Bruhwiler, 2003).

Les émissions de C émises sous forme de CO s'oxydent dans l'atmosphère, ce qui crée des émissions indirectes de CO_2 . Les quantités de C émises comme CO et CO_2 indirect sont calculées en multipliant le C total par, respectivement, 28/12 et 44/12. On trouvera plus de détails sur la déclaration de ces émissions de CO_2 indirectes au chapitre 6 et dans l'Annexe 7.

Bien que le MBC-SFC3 permette de modéliser les flux de C à différentes échelles spatiales, il faut harmoniser, intégrer et ingérer d'énormes quantités de données provenant de nombreuses sources pour arriver à produire des estimations nationales. La section A3.5.2.5 présente les principales sources de données utilisées.

A3.5.2.2. Régénération après un feu de forêt

Dans les rapports précédents, l'hypothèse par défaut d'une « régénération complète » après un feu de forêt avait été posée, selon laquelle la végétation commence à repousser immédiatement dans toutes les zones brûlées en suivant la même courbe de rendement qu'avant la perturbation, à partir de l'an 0. Or, des analyses récentes effectuées au moyen de techniques de télédétection ont révélé que la régénération de certaines parties gravement perturbées de la forêt peut être retardée (White et al., 2017; White et al., 2022). Dans le présent rapport, une première approximation des retards de régénération régionaux moyens (à l'échelle des UR) a été réalisée et appliquée à 25 % de la superficie brûlée chaque année par les feux de forêt, en s'appuyant sur les meilleurs renseignements issus des données de télédétection à l'échelle nationale (Hafer et al., 2022; White et al., 2017; White et al., 2022). Cette approche donne une première estimation du retard de régénération et des répercussions de ce retard sur les flux nets dans les forêts aménagées.

A3.5.2.3. Reboisement

La représentation des activités de reboisement dans l'inventaire des GES se fait au moyen de certaines méthodes qui correspondent à celles utilisées pour les activités de boisement (voir la section A3.5.2.8) et d'autres approches qui, elles, sont bien différentes. Une différence fondamentale est que le reboisement se fait sur des terres qui étaient boisées antérieurement, et qui doivent donc être incorporées à l'infrastructure de projet actuelle du SNSCPRCF afin d'assurer la cohérence avec les inventaires forestiers provinciaux et territoriaux et d'éviter des situations compliquées de double comptabilisation.

La prémisse fondamentale des activités de reboisement est qu'elles se déroulent sur des terres boisées qui ne se régénèrent pas naturellement de manière optimale (p. ex. rétablissement retardé, faible densité et faible résilience des arbres). En 2021, la majeure partie du reboisement visait des forêts brûlées dont le rétablissement naturel n'était pas anticipé en raison de la gravité de certains incendies et des conséquences sur les réserves de semences et la qualité des sols. Une hypothèse a été posée pour simplifier, selon laquelle l'ensemble des activités de reboisement sont réalisées dans des forêts antérieurement brûlées en situation de régénération retardée (voir la section A3.5.2.2). Le retard de régénération post-incendie est vu comme une première approximation acceptable pour les forêts qui ne se régénèrent pas naturellement. En se fondant sur les registres de préparation des sites, une catégorie de traitement des résidus et un degré d'intensité de préparation du sol ont été assignés aux épisodes de reboisement, et 17 nouveaux types de perturbations ainsi que les matrices associées ont été créés pour représenter l'éventail des combinaisons possibles de préparation des sites. Davantage de précisions se trouvent dans la publication de Hafer et al. (2022).

A3.5.2.4. Drainage forestier

Le drainage forestier sert à abaisser la nappe phréatique, ce qui améliore l'aération du sol et favorise le développement des racines et la croissance des arbres dans les sols organiques à faible productivité. Une consultation menée auprès d'experts de l'industrie forestière et un examen approfondi de la documentation effectué en 2015 et en 2016 ont laissé entendre que le Québec était la seule province au Canada où le drainage forestier opérationnel des sols organiques était pratiqué (Gillies, 2016). Ce traitement sylvicole a été mené entre les années 1980 et le milieu des années 2010 dans un faible pourcentage de tourbières correspondant à trois UR (11, 12 et 15), tant sur des terres privées que sur des terres publiques. Le drainage forestier a progressivement diminué depuis 2003 en raison de la fin des subventions gouvernementales et de la modification du régime d'aménagement forestier du Québec.

Les données sur le drainage forestier ont été compilées à partir de documents historiques, de consultations d'experts et de statistiques provinciales en vue d'élaborer une série chronologique de 1980 à 2018 sur les superficies annuelles de tourbières drainées en milieu forestier dans les forêts privées et publiques du Québec. Les statistiques provinciales (gouvernement du Québec, 2018) étaient disponibles par région administrative (RA) de 1994 à 2008 et pour l'ensemble de la province de 1986 à 1993, et de 2009 à 2017. On a supposé que les données sur le drainage de 1980 à 1985 étaient constantes, ce qui a donné lieu à une superficie drainée cumulative équivalente à la valeur de 1986 déclarée dans les statistiques du Québec et qui correspond aux valeurs citées dans Hillman (1987). En raison de l'absence de données sur les activités de drainage pour 2018 (gouvernement du Québec, 2018) et du fait qu'aucune zone n'a été drainée en 2016 et en 2017, on a

supposé qu'aucune zone n'a été drainée après 2017. Les estimations relatives aux zones drainées par RA (1994–2008) ont été associées aux trois UR en y superposant les régions administratives de manière à obtenir une moyenne à pondération spatiale pour la zone qui a été appliquée aux valeurs provinciales pour toutes les années.

Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant des sols organiques drainés ont été calculées à l'aide d'une méthode de niveau 1 et des coefficients d'émission des tableaux 2.1, 2.2 et 2.3, respectivement, du Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : Terres humides (GIEC, 2014). Les coefficients d'émission sont associés aux zones climatiques tempérées (UR 11 et 12) et boréales (UR 15). La fraction de la superficie de la zone où l'on retrouve des fossés a également été déterminée à l'aide des valeurs par défaut relatives aux fossés de drainage qui se trouvent dans le Tableau 2.3 du Supplément 2013 sur les Terres humides (GIEC, 2014).

A3.5.2.5. Sources des données

Terres forestières aménagées

Au Canada, les forêts sont réparties dans deux catégories : « forêts aménagées » et « forêts non aménagées », d'après la fréquence des activités d'aménagement visant la récolte de bois d'œuvre ou d'autres produits du bois et le degré de protection contre des perturbations (Figure A3.5–2). On trouve des forêts aménagées dans l'ensemble des provinces et des territoires du Canada, à l'exception du Nunavut (Figure A3.5–3). Pour estimer la superficie de forêts aménagées, il a fallu procéder à la délimitation spatiale et à la combinaison des limites de nombreuses zones forestières différentes. Parmi celles-ci, on trouve l'ensemble des unités d'aménagement forestier exploitées, les zones d'approvisionnement en bois d'œuvre, les concessions de fermes forestières, les terres boisées industrielles en franche tenure, les terres boisées privées, et les autres terres de la catégorie Terres forestières qui font l'objet d'un aménagement actif des ressources en bois d'œuvre et d'autres ressources, de même que les autres zones forestières faisant l'objet de mesures de protection intensive contre les perturbations naturelles. Toutes ces couches sont regroupées et recoupées avec les données d'inventaire forestier sous-jacentes. Les procédures sont documentées dans Stinson et al. (2011).

Le modèle fait le suivi des terres forestières aménagées perturbées par les activités de récolte avant et après 1990, des terres touchées par différentes perturbations naturelles depuis 1990, et des terres non touchées par des perturbations depuis 1990. Les terres non touchées par des perturbations depuis 1990 sont subdivisées en peuplements résultant d'activités de récolte ou d'incendies entraînant le remplacement des peuplements avant 1990. Toutes les superficies de terres en 1990 qui n'étaient pas identifiées comme le résultat d'activités de récolte étaient considérées comme causées par des incendies de forêt (étant donné que les perturbations causées par les insectes n'entraînent pas le remplacement des peuplements). Ces distinctions sont utilisées pour séparer les peuplements dominés par les émissions et les absorptions anthropiques et naturelles (voir Kurz et al., 2018, et la section A3.5.2.6).

Les activités d'aménagement forestier sont documentées dans la Base de données nationale sur les forêts³, et d'autres renseignements sur des activités bien précises ont été obtenus directement auprès des organismes provinciaux et territoriaux responsables de l'aménagement des forêts. Les gouvernements provinciaux et territoriaux du Canada, dont le champ de compétence englobe la gestion des ressources naturelles, fournissent des données essentielles, notamment des données détaillées d'inventaires forestiers et des précisions sur les activités et les méthodes d'aménagement des forêts, de l'information sur les perturbations, y compris leur prévention ou leur maîtrise, des tableaux de rendement régionaux (courbe de volume/âge), des indices relatifs aux sites et une expertise régionale (Tableau A3.5–3). On a utilisé les données de l'IFN du Canada (Power et Gillis, 2006) pour le Nouveau-Brunswick, le Manitoba, la Saskatchewan, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Les provinces de l'Île-du-Prince-Édouard, de Terre-Neuve-et-Labrador, de la Nouvelle-Écosse, du Québec, de l'Ontario, de la Colombie-Britannique et de l'Alberta ont fourni des données d'inventaire plus récentes et à plus haute résolution. Une série de « documents méthodologiques » décrivent le processus de compilation pour chaque inventaire forestier provincial ou territorial. Comme les données des inventaires forestiers n'ont pas toutes été recueillies la même année, il a fallu ajouter des étapes pour synchroniser les données d'inventaire de l'année 1990 (Stinson et al., 2011).

Les données sur les activités de brûlage des déchets de coupe de toutes les provinces, à l'exception de certaines parties de la Colombie-Britannique pour lesquelles on a recours à l'opinion d'experts, proviennent de la Base de données nationale sur les forêts⁴. En Colombie-Britannique, ces données se rapportent au brûlage des déchets de coupe (brûlage extensif, brûlage des rémanents ou une combinaison des deux), mais dans d'autres régions du Canada, elles peuvent aussi comprendre le brûlage dirigé pour l'élimination du combustible.

La récolte de bois de chauffage résidentiel est une pratique courante au Canada; on estime que 93 % du volume de la récolte de bois de chauffage annuelle provient des terres forestières et que le reste provient de régions agricoles boisées et d'arbres sur des terres urbaines. Pour estimer l'impact de cette activité sur le bilan de C des forêts canadiennes, un

3 Base de données nationale sur les forêts, disponible en ligne à l'adresse : <http://nfdp.ccfm.org/fr/index.php>

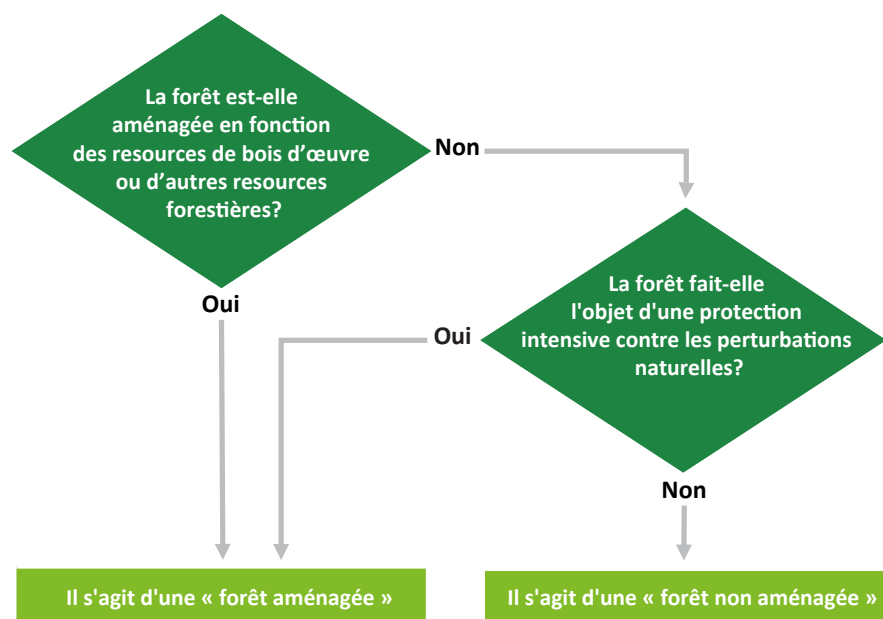
4 D'après l'opinion des experts, le brûlage des déchets de coupe en Colombie-Britannique se pratique dans 15 % des zones récoltées par coupe à blanc en zone côtière, et dans 50 % des zones récoltées par coupe à blanc ailleurs dans la province.

Tableau A3.5–3 Principales sources d'information et de données sur les forêts aménagées

Description	Source	Résolution spatiale	Couverture temporelle	Référence
Données climatiques	SCF	Unités analytiques	Normales de 1961–1990	McKenney et al. 2001
Données des inventaires forestiers et du volume marchand ^a	Inventaire forestier national du Canada (IFCan)	Maille de l'IFCan	1949–2004	Power et Gillis, 2001
	NL	Unités analytiques	1991–2006	Experts provinciaux
	PE	Unités analytiques	2000	Experts provinciaux
	NS	Unités analytiques	2006	Experts provinciaux
	QC	Unités analytiques	2000	Experts provinciaux
	ON	Unités analytiques	2000	Experts provinciaux
	AB ^b	Unités analytiques	1949–1999	Experts provinciaux
	BC	Unités analytiques	2011	Experts provinciaux
Données sur la récolte ^c	Base de données nationale sur les forêts	Limites provinciales	1990–2021	http://nfdp.ccfm.org/
Brûlage dirigé	Base de données nationale sur les forêts, pour les administrations autres que celle de la Colombie-Britannique	Limites provinciales	1990–2021	http://nfdp.ccfm.org/
Brûlage des résidus	BC	Limites infra-provinciales	1990–2021	Experts provinciaux
Données sur la récolte de bois de chauffage résidentiel	Données du secteur de l'énergie sur l'utilisation du bois de chauffage résidentiel	Unités de rapprochement (UR)	1990–2021	Sections A3.1.4.1 et A3.5.3
Données sur la consommation industrielle de bois de chauffage	Données du secteur Énergie pour la consommation industrielle de bois de chauffage	Limites provinciales	1990–2020	Sections A3.1.4.1 et A3.5.3
Données d'incinération des déchets ligneux	Données du secteur Des Déchets sur les déchets ligneux	Limites provinciales	1941–2021	Sections A3.6.3 et A3.5.3
Données sur les insectes	Relevé des insectes et des maladies des arbres	Spatialement explicite	1990–2017	Centre de foresterie de l'Atlantique et Centre de foresterie du Pacifique
	NL	Spatialement explicite	2000–2003	Experts provinciaux
	QC	Spatialement explicite	1990–2021	Experts provinciaux; https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/donnees-sur-les-perturbations-naturelles-insecte-tordeuse-des-bourgeons-de-lepinette
	MB	Spatialement explicite	1990–2020	Experts provinciaux et relevés aériens provinciaux de la santé des forêts; Système d'information de la Stratégie nationale de lutte contre les ravageurs forestiers
	SK	Spatialement explicite	1985–2013	Experts provinciaux; Système d'information de la Stratégie nationale de lutte contre les ravageurs forestiers
	AB	Spatialement explicite	1990–2021	Experts provinciaux; relevés aériens de la santé des forêts de l'Alberta
	BC	Spatialement explicite	1990–2021	Experts provinciaux; Relevé des insectes et des maladies des arbres de la Colombie-Britannique
	YT	Spatialement explicite	1994–2018	Experts provinciaux; relevés aériens de la santé des forêts du Yukon
	NT	Spatialement explicite	1990–2021	Experts provinciaux; études sur la santé des forêts des Territoires du Nord-Ouest
Données sur les incendies	Composite national des superficies brûlées	Spatialement explicite	1990–2021	https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/mini-entrepot
Données sur le drainage ^d	QC	Limites de la province de Québec	1980–1985	Experts provinciaux; documents historiques; Hillman, 1987; Gillies, 2016
	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec	Limites de la province de Québec	1986–1994	https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/connaissances/statistiques-forestieres
	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec	Régions administratives de la province de Québec	1994–2008	https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/publications-statistiques-industrie-forestiere/portrait-statistique
	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec	Limites de la province de Québec	2008–2018	https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/entreprises-industrie/publications-statistiques-industrie-forestiere/portrait-statistique

Notes :

- a. Les données de rendement du volume du bois marchand et des inventaires forestiers proviennent de la base nationale de données sur les forêts et/ou d'experts provinciaux, tel qu'il est indiqué.
- b. La base de données de l'inventaire forestier de l'Alberta comprend les données de l'inventaire forestier provincial pour les zones d'aménagement forestier de la province et les données de l'inventaire IFC pour le restant de la superficie boisée aménagée.
- c. Étant donné qu'il n'y a pas de données complètes sur la récolte de la dernière année de déclaration pour toutes les provinces et tous les territoires, on suppose que les données sur la récolte de 2021 sont les mêmes que pour 2020.
- d. Aucune nouvelle donnée d'activité de drainage n'a été rapportée dans la province de Québec depuis 2016.

Figure A3.5–2 **Arbre de décision pour le calcul de la superficie des forêts aménagées**

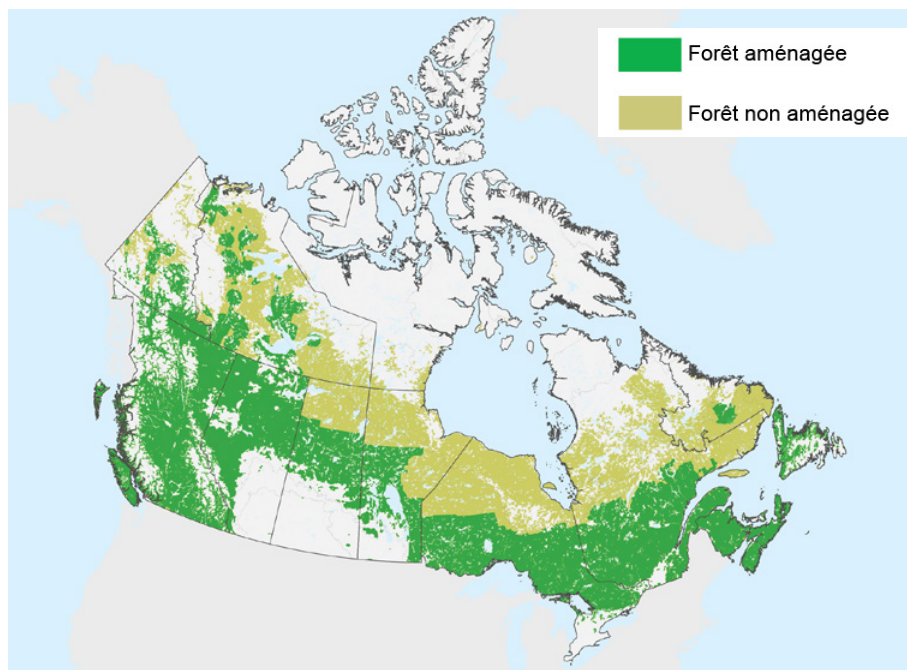
ensemble de règles a été élaboré pour subdiviser ces volumes en diverses composantes (Hafer et al., 2020; Doyon et al., 2019), à savoir le bois (de résineux, de feuillus et de forêts mixtes) récolté sur des terres forestières, la biomasse ligneuse récoltée sur des terres cultivées, les arbres récoltés sur des terres urbaines (établissements), les granules, et les bûches fabriquées (les quatre dernières composantes sont modélisées sous PLR; consulter la section A3.5.3). En ce qui a trait aux composantes ciblées qui se rapportent aux terres forestières, une liste a été établie, à partir de données d'enquête, pour les unités analytiques spatiales au sein de chaque UR d'où le bois de chauffage est présumé être récolté.

Les pratiques régionales de récolte de bois de chauffage au Canada sont représentées dans le MBC-SFC3, et les paramètres du tableau des perturbations qui varient selon les régions ont été entrés dans le modèle pour les trois zones conceptuelles de récolte de bois de chauffage suivantes : i) la forêt mixte acadienne, qui comprend les écozones Maritime de l'Atlantique et Plaines à forêts mixtes; ii) les zones agricoles, qui comprennent les écozones des Prairies semi-arides et subhumides; et iii) la forêt boréale et montagneuse, qui comprend toutes les autres écozones forestières. La récolte de bois de chauffage dans les zones de forêt mixte acadienne et les zones agricoles est présumée se faire par éclaircissement léger (retrait de 30 %), tandis que la récolte de bois de chauffage dans la zone de la forêt boréale et montagneuse est présumée se faire par coupe à blanc (retrait de 85 %). Les registres d'inventaire sélectionnés pour la récolte de bois de chauffage sont perturbés en ordre décroissant du contenu total en chicot, pour voir à ce qu'une proportion raisonnable (toutefois non précisée) du bois de chauffage soit récoltée à l'état de bois mort.

Les données sur la biomasse utilisée comme bois de chauffage résidentiel sont tirées des enquêtes sur l'utilisation résidentielle et l'origine du bois. Les sections A.3.1.4.1.4 et A3.5.3 du présent rapport fournissent des informations supplémentaires sur ces enquêtes et la méthodologie utilisée pour convertir les données recueillies sur la consommation et l'utilisation en volumes de bois de chauffage. Les zones forestières spécifiquement attribuées à la récolte de bois de chauffage sont définies par le modèle en fonction des estimations de volume.

Les données sur les secteurs perturbés par des feux de forêt sont tirées des images composites de la superficie brûlée à l'échelle nationale du Système canadien d'information sur les feux de végétation pour la période de 1990 à l'année d'inventaire en cours (Tableau A3.5–3). Le Système canadien d'information sur les feux de végétation est une combinaison de données de télédétection à résolution faible et moyenne préparées par le Service canadien des forêts (SCF) et de données provenant des organismes de gestion des ressources de toutes les régions du Canada. Il fournit une cartographie détaillée des feux de forêt à l'aide de données obtenues par télédétection à moyenne résolution, lorsqu'elles sont disponibles. Les données provenant d'organismes de gestion des ressources sont placées en deuxième priorité; et les données de télédétection à faible résolution sont utilisées uniquement en l'absence d'autres données de cartographie des incendies.

Figure A3.5–3 **Forêts aménagées et non aménagées au Canada**



Les perturbations causées par les insectes font l'objet d'une surveillance par relevé aérien (Tableau A3.5–3), ce qui permet de répertorier la zone touchée par la perturbation et d'attribuer un niveau de gravité d'impact indiquant le taux de mortalité ou de défoliation des arbres. La zone touchée est attribuée à l'unité analytique appropriée et aux espèces hôtes qui s'y trouvent, et la gravité de l'impact se reflète dans les paramètres de la matrice de perturbations appliquée (Kurz et al., 2009).

Les zones drainées en milieu forestier (Tableau A3.5–3) sur des terres privées et publiques du Québec ont été estimées à l'aide de documents historiques, de consultations et de statistiques provinciales. La répartition spatiale des zones par UR a été réalisée à l'aide des statistiques du Québec.

A3.5.2.6. Quantification des émissions et des absorptions anthropiques

Les variations interannuelles et les tendances des émissions et des absorptions des forêts aménagées au Canada sont dominées par l'impact des incendies et des infestations périodiques d'insectes forestiers, ce qui rend difficile la détection des tendances qui découlent de l'activité humaine dans la forêt (Kurz et al., 2008a,b; Stinson et al., 2011; Kurz et al., 2013).

Le GIEC ne fournit actuellement pas de méthodes par défaut pour séparer les émissions et les absorptions anthropiques de celles qui se produisent en raison de perturbations naturelles, même s'il reconnaît les difficultés qu'ont certains pays à déterminer les émissions attribuables aux perturbations naturelles (GIEC, 2010). Par ailleurs, le GIEC (2010) encourage les pays qui utilisent des méthodes de niveau 3 à élaborer de nouvelles approches qui peuvent améliorer l'identification des émissions et des absorptions anthropiques. Le MBC-SFC3 a maintenant la capacité de suivre et de séparer les émissions et les absorptions des peuplements de forêts aménagées dominées par l'impact de perturbations naturelles importantes et relativement récentes, lesquelles ont masqué le legs de la gestion humaine et affecté la valeur commerciale et les fonctions écologiques du peuplement, de celles du reste de la région soumise à un aménagement actif par l'humain.

Les feux de forêt font l'objet d'un suivi dans la composante perturbations naturelles parce que l'allumage d'origine humaine n'est responsable que d'une petite proportion de la superficie brûlée au Canada (environ 10 %; Hanes et al., 2019) et que le rôle des humains est incertain pour expliquer l'augmentation ou la diminution des superficies brûlées. Les feux de forêt font partie intégrante du paysage canadien depuis des millénaires. Même si les régimes des feux s'expliquent par des interactions complexes entre le climat (par la température, le taux d'humidité et les vents), les combustibles et les humains (comme agents allumant et éteignant des feux), des recherches récentes ont montré que les facteurs climatiques sont déterminants pour la plupart des superficies brûlées dans les forêts tempérées du Nord et les forêts boréales de l'est du Canada, où se produisent des feux extrêmes, qu'ils soient causés par les humains ou non (Dannehyrolles et al., 2021). L'importance majeure des facteurs climatiques a également été démontrée dans les forêts tempérées et les forêts

boréales de l'ouest de l'Amérique du Nord (Holden et al., 2018; Gaboriau et al., 2020), et on semble indiquer que le taux d'humidité des combustibles est le facteur le plus déterminant de la superficie brûlée et des feux extrêmes à l'échelle mondiale (Bowman et al., 2017; Kelley et al., 2019). Environ 3 % des feux au Canada sont responsables de 97 % de la superficie brûlée (Stocks et al., 2002) et sont causés, en général, à l'occasion seulement de quelques jours critiques où les conditions météorologiques extrêmes sont propices au déclenchement des feux (Wang et al., 2017). Ces feux sont surtout causés par la foudre et se produisent principalement dans des régions éloignées où les systèmes de détection et d'extinction des feux sont souvent retardés par rapport aux feux allumés par des humains, qui se produisent généralement dans des zones plus peuplées où l'extinction est complète.

Puisque les actions humaines directes peuvent être négatives et positives, à la fois comme allumeurs de feux (accidentellement ou intentionnellement dans le cas d'activités de gestion) et comme agents d'extinction des feux et d'élimination de combustibles, leurs effets sur la superficie brûlée sont difficiles à quantifier et à distinguer des autres facteurs. L'hypothèse par défaut actuelle voulant que l'activité humaine a une incidence qui n'est ni positive ni négative sur le régime des feux d'origine naturelle dans l'ensemble du pays évite d'introduire un biais qui n'est pas étayé par des données à long terme et des connaissances scientifiques. Bien que cette méthode permette de suivre séparément les superficies continentales qui sont surtout soumises à des influences naturelles ou anthropiques, l'équilibre évolutif entre ces superficies au fil du temps illustrera bien les tendances à long terme du régime des feux d'origine naturelle des zones forestières aménagées.

Cette méthode de déclaration fait en sorte que les émissions des peuplements touchés par des perturbations naturelles incontrôlables et les absorptions subséquentes dues à la croissance de ces peuplements sont suivies séparément de celles des peuplements aménagés arrivés à une maturité commerciale, ce qui permet une meilleure distinction entre les émissions et absorptions associées aux actions directes d'aménagement forestier et les émissions et absorptions non anthropiques qui se produisent en raison des perturbations naturelles.

L'historique des activités d'aménagement et des perturbations naturelles dans chaque peuplement (relevé d'inventaire) des forêts aménagées sert à répartir les peuplements dans deux groupes. Les émissions et les absorptions sont jugées comme étant anthropiques i) lorsque la trajectoire de croissance d'un peuplement a été fortement modifiée par l'intervention humaine (cette définition inclut la coupe commerciale et la récolte partielle, l'éclaircie précommerciale et commerciale, la coupe de récupération, la préparation du site, et la remise en état et le reboisement de peuplements qui ont été remplacés ou qui ont subi des perturbations naturelles partielles) et ii) lorsque, indépendamment de son origine, un peuplement a atteint la maturité commerciale et est donc activement pris en compte dans les scénarios de planification d'aménagement forestier (susceptible d'être récolté). Une fois qu'un peuplement issu de perturbations naturelles atteint ce stade, les émissions et les absorptions sont transférées à la catégorie déclarée.

En revanche, les émissions et les absorptions sont désignées comme étant issues de perturbations naturelles lorsqu'elles proviennent de peuplements i) qui ont été remplacés par suite de perturbations naturelles jusqu'à la période où ils atteignent la maturité commerciale, ou ii) qui ont été touchés par une perturbation partielle ayant réduit la biomasse jusqu'à ce que ces peuplements aient atteint une biomasse équivalente à ce qu'elle était avant la perturbation. Seules les perturbations entraînant une mortalité de plus de 20 % sont incluses dans la catégorie des perturbations naturelles.

Dans l'application initiale de cette approche pour le Rapport d'inventaire national de 2017 (ECCC, 2017), on a présumé que la période de retour minimale à la maturité commerciale serait généralement une valeur fixe de 60 ans dans l'ensemble du Canada. Depuis le rapport de 2018 (ECCC, 2018), des périodes de retour spécifiques fondées sur les différences régionales dans les pratiques d'aménagement forestier, la distribution des essences et la dynamique des peuplements sont utilisées.

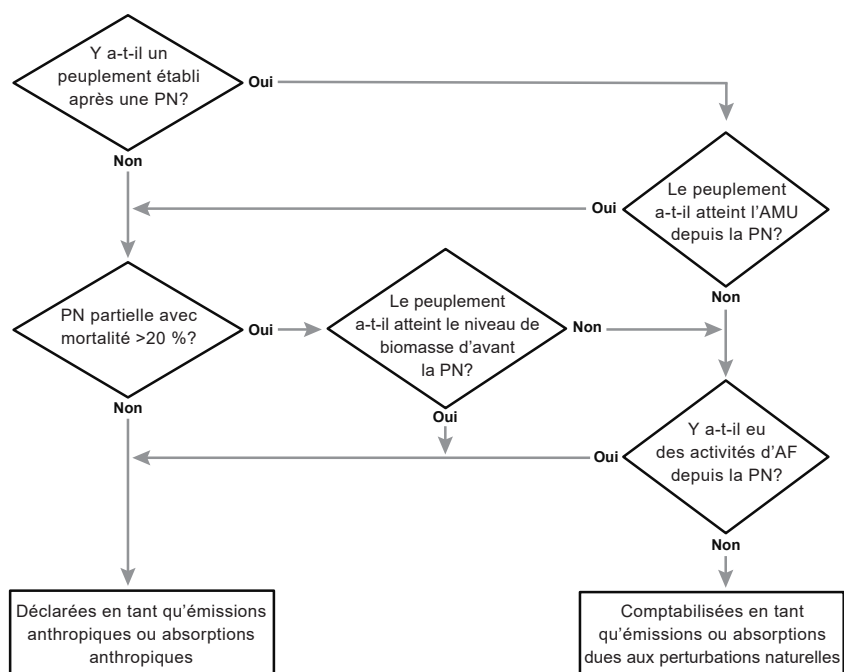
Pour élaborer des définitions de la maturité commerciale représentatives à l'échelle régionale, un questionnaire a été distribué aux provinces et aux territoires en mars 2017. L'objectif de ce processus de consultation était de documenter les pratiques d'aménagement forestier dans l'ensemble du Canada, en mettant l'accent sur le traitement des peuplements forestiers touchés par des perturbations naturelles dans la planification opérationnelle. En collaboration avec des experts provinciaux, il a été possible d'établir une période de retour minimale à la maturité commerciale de 45 à 99 ans, et de 76 ans en moyenne. Dans la plupart des cas, les organismes provinciaux ont défini la maturité commerciale des essences en fonction de l'augmentation annuelle moyenne maximale des courbes de rendement propres à des essences pour une catégorie de sites à productivité élevée dans une région donnée. D'autres organismes provinciaux ont utilisé des données empiriques fondées sur l'âge minimal régional observé à la récolte ou un âge permettant d'obtenir une taille précise. Selon l'âge commercial propre à une essence, une période de retour minimale pondérée a été déterminée pour chaque zone de déclaration en fonction de la ventilation proportionnelle des essences commerciales auxquelles on a attribué un âge d'exploitation minimal, ou un âge de récolte minimal, dans cette zone. Pour de plus amples renseignements sur l'approche méthodologique utilisée pour suivre les émissions anthropiques et les absorptions, veuillez consulter Kurz et al., (2018).

Dans le cadre actuel de la modélisation, les perturbations naturelles partielles se produisent principalement en raison des infestations d'insectes. Dans ces cas, le rétablissement de la biomasse aérienne a été utilisé pour définir la période de récupération, puisque la courbe de croissance du peuplement n'est que temporairement modifiée. Les peuplements soumis à des perturbations liées aux insectes qui causent une mortalité de la biomasse d'au plus 20 % ne sont pas considérés comme étant dominés par des perturbations naturelles. À ce niveau de faible mortalité, les perturbations sont considérées comme des facteurs qui contribuent à la réduction de la densité du peuplement.

Les peuplements dont les émissions et les absorptions sont dominées par la dynamique des perturbations naturelles sont suivis en interrogeant les résultats du modèle selon une approche d'arbre de décision dans laquelle les points de décision clés reposent sur l'origine du peuplement, le type de perturbation (remplacement de peuplement partiel ou total) et une évaluation annuelle de l'état après une perturbation, fondée sur l'atteinte ou non du seuil de la maturité commerciale ou de la biomasse avant la perturbation (Figure A3.5–4).

Après l'exclusion des émissions et des absorptions non anthropiques, les valeurs finales incluses dans le rapport représentent tous les peuplements forestiers des terres forestières aménagées qui ont atteint la maturité commerciale ou dont la courbe de croissance a été modifiée par une activité d'aménagement anthropique directe dans la forêt. La zone dont les données sont temporairement exclues du rapport d'une année quelconque reste relativement constante, variant de +2,9/-3,6 de millions d'hectares (Mha) puisque les données sur les peuplements touchés par des perturbations naturelles pendant une année spécifique ne figurent pas dans le rapport et que celles sur les terres perturbées historiquement sont de nouveau incluses dans le rapport. Le total de chacune des catégories de peuplement incluses et exclues correspond à la somme des émissions et des absorptions quantifiées à l'aide de la méthode utilisée pour calculer les émissions totales de la forêt aménagée dans les rapports d'inventaire, avant la mise en application de la méthode de déclaration par répartition.

Figure A3.5–4 **Arbre de décision pour différencier les émissions et les absorptions d'origine anthropique et naturelle**



Notes :

PN = Perturbation naturelle
AF = Aménagement forestier
AMU = Âge minimum d'utilisation

A3.5.2.7. Terres converties en terres forestières

Les registres de conversion de terres en terres forestières au Canada étaient disponibles pour 1990–2002 grâce à l'initiative de l'Étude de faisabilité sur le boisement comme mode de séquestration du carbone (White et Kurz, 2005). Les activités de conversion pour 1970–1989 et 2003–2008 ont été estimées en fonction des taux d'activité observés dans les données de cette initiative. D'autres données provenant du Programme d'évaluation et de démonstration de plantations de Forêt 2020 sont comprises en 2004 et 2005 et un examen environnemental a été réalisé pour relever d'autres sources d'information sur les taux de déboisement de 2000 à 2008. Des données supplémentaires sur les activités de boisement, représentant 11 194 ha de boisement réalisé entre 2007 et 2017, ont été obtenues grâce à un accord de partage de données avec « Forests Ontario » (Magnus et al., 2021).

Dans les administrations autres que l'Ontario, aucune donnée sur les activités de boisement pour la période de 2008 à 2020 n'a été trouvée. D'après les variations dans la dynamique de l'affectation des terres au Canada durant cette période, il n'est pas raisonnable de supposer que les récentes activités de boisement sont semblables à celles d'avant 2008. Pour l'année 2021, des événements de boisement supplémentaires représentant 1 435 ha ont été inclus dans une première estimation des récentes activités de boisement au Canada. Cette estimation a été préparée selon une méthode élaborée pour inclure les stocks de C avant la plantation à l'estimation du contenu initial en C des événements (Hafer et al., 2022).

Chaque événement de conversion, quels qu'en soient la date, la source, le type ou l'emplacement, a été converti en un relevé d'inventaire pour les besoins des modèles du C. Tous les événements de conversion ont été regroupés en un seul ensemble de données sur les activités de boisement au Canada entre 1970 et 2021. La superficie plantée de 1990 à 2021 a été stratifiée par écozone, province et essence d'arbre. La superficie totale plantée par province et écozone, parallèlement à la proportion d'essences plantées dans chaque province, a servi à calculer la superficie plantée par essence, ce qui a permis d'estimer la superficie convertie en forêts, par essence, dans chaque UR.

Les courbes de rendement ne sont pas toujours disponibles pour certaines essences plantées ou conditions de croissance (densité relative ou historique du site); les courbes utilisées pour estimer les paliers d'accroissement proviennent d'une diversité de sources, notamment directement d'experts provinciaux et d'une collection de courbes de croissance préparée pour Drever et al. (2021). Les courbes de croissance pour les sites de plantation de « Forests Ontario » ont été élaborées à l'aide du modèle de simulation « Forest Vegetation Simulator-Ontario » (Woods et Robinson, 2007), qui constitue une variante du simulateur du Service des forêts des États-Unis adapté pour être utilisé en Ontario. Pour toutes les plantations de boisement, lorsque des essences n'avaient pas de courbe de rendement, celle d'une autre essence présentant des caractéristiques de croissance semblables ou de l'essence qui était la plus susceptible d'avoir été historiquement présente dans ce secteur leur était attribuée. Il était présumé qu'aucune biomasse ligneuse n'était présente sur le site avant le boisement. Les fluctuations des stocks de C dans le sol sont hautement incertaines. Toutefois, la période restreinte sur laquelle porte cette analyse et l'ampleur des activités par rapport à d'autres activités d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres laissent croire que l'impact de ce degré d'incertitude est minime.

A3.5.2.8. Estimation des fluctuations des stocks de carbone, des émissions et des absorptions

Au début de chaque pas de temps annuel, et lorsqu'un événement de boisement ou de conversion des forêts est traité, le MBC-SFC3 commence par attribuer la nouvelle classification d'affectation des terres avant que les impacts soient enregistrés pour que les incidences du changement d'affectation des terres (conversion en forêts et conversion des forêts) soient déclarées dans la nouvelle catégorie de terres. La sélection des peuplements forestiers touchés par les perturbations, liées ou non au changement d'affectation des terres, repose sur certaines règles d'admissibilité (Kurz et al., 2009).

Lorsque le modèle calcule l'effet immédiat des perturbations sur tous les peuplements forestiers, il simule la croissance de la forêt, le dépôt de la litière, le taux de renouvellement et de décomposition de la biomasse, de même que les processus annuels de transferts de C connexes (forêts aménagées, terres converties en forêts et terres forestières converties à d'autres affectations), ce qui inclut à la fois les peuplements boisés et non boisés. Les résultats du modèle désignent les changements dans le stock de C, les flux et les émissions immédiates attribuables au brûlage, à partir desquels il est possible de calculer le bilan net de GES des forêts aménagées. Les flux des composantes incluent la croissance, les émissions immédiates attribuables aux perturbations (fluctuations des stocks de C, et pertes de C dans l'atmosphère et dans les produits forestiers), et la décomposition à la fois de la MOM et de la matière organique du sol, notamment dans les peuplements affectés par les perturbations. À cette étape, les relevés d'inventaire qui se trouvaient dans une catégorie comportant une conversion des terres à d'autres affectations depuis 20 ans (10 ans dans le cas des terres converties en réservoirs) passent à la catégorie des terres dont la vocation n'a pas changé qui correspond à sa dernière vocation. La simulation de la dynamique du C (en général une décomposition) continue alors dans cette nouvelle catégorie.

Les mêmes données de sortie (à l'exception de la croissance des arbres) sont disponibles au sujet des terres forestières converties, mais sont déclarées dans la nouvelle sous-catégorie, par exemple les Terres forestières converties en terres cultivées (Tableau 4.B du CUPR, sous-catégorie 2.1), les Terres converties en terres humides (Tableau 4.D du CUPR, sous-catégories 2.1 et 2.2.1) et les Terres forestières converties en établissements (Tableau 4.E du CUPR, sous-catégorie 2.1). L'estimation des émissions issues de la matière organique du sol des Terres forestières converties en terres cultivées et des sites d'extraction de tourbe fait exception, puisqu'elle est établie séparément; les méthodes sont décrites aux sections A3.5.4.3 et A3.5.6.1. De même, les méthodes d'estimation des émissions (par opposition aux fluctuations des stocks de C) issues des Terres forestières converties en terres submergées sont décrites à la section A3.5.6.2 et les méthodes d'estimation des émissions attribuables à l'utilisation et à l'élimination des produits forestiers sont décrites à la section A3.5.3.

A3.5.2.9. Degré d'incertitude

Les recommandations en matière de bonnes pratiques préconisent l'utilisation de méthodes numériques pour l'évaluation des incertitudes au moyen des cadres de modélisations complexes avec interactions multiples entre les données et les paramètres. Ces méthodes nécessitent beaucoup de données et les exigences de calculs peuvent rapidement devenir un facteur limitatif. Les paramètres des modèles et les données d'entrée n'ont pas tous une incidence similaire sur les sorties des modèles. Il est donc important de rechercher un équilibre entre la capacité de calcul disponible et l'inclusion dans l'évaluation de l'incertitude de données d'entrée, de paramètres et d'autres fonctions, pouvant influencer considérablement sur les résultats des modèles.

Deux méthodes d'évaluation des incertitudes sont utilisées : le calcul complet et l'extrapolation. Le calcul complet est un processus exigeant sur le plan des ressources de traitement, et comporte des simulations de Monte-Carlo comme celles décrites par Metsaranta et al. (2017). Ce processus a servi à la préparation des rapports de 2018 et de 2021. Lors des années intermédiaires (et pour le présent rapport de 2023), des méthodes d'extrapolation statistique ont été utilisées à la place. Ces méthodes comportent une suite de modèles de régressions linéaires multiples, élaborés à partir d'une analyse de Monte-Carlo complète réalisée au moyen de la valeur déclarée pour une catégorie et de l'année de déclaration afin de prédire les quantiles d'incertitude pertinents (le 2,5^e et le 97,5^e). Les valeurs déclarées des catégories et les années de déclaration du rapport en cours sont ensuite utilisées pour estimer ces quantiles. Les différences entre les quantiles obtenus par analyse complète et ceux obtenus par extrapolation sont généralement très petites. La décision de procéder ou non à une analyse complète pour un rapport donné dépend d'un certain nombre de facteurs, dont la disponibilité des ressources et le type et l'importance des changements dans les données qui sont mis en œuvre. Lors des six derniers rapports d'inventaire des GES, la règle générale était de faire suivre un calcul complet de deux estimations par extrapolation.

L'approche générale pour évaluer l'incertitude souligne le fait que les données d'entrée et les paramètres du modèle sont les principales sources d'incertitude. Les sources d'incertitude particulières sont les données des inventaires forestiers, les paramètres des modèles d'une grande influence et l'initialisation des stocks de C dans le sol et de la MOM avant d'exécuter le modèle. Des étapes de randomisation additionnelles sont également incluses dans l'élaboration des intervalles de confiance, et ce, en sélectionnant de façon aléatoire 10 000 échantillons des résultats de 100 analyses de Monte-Carlo à l'échelle nationale (Metsaranta et al., 2017). Toutes les sources d'incertitude n'ont pas été prises en compte. L'analyse n'a surtout pas tenu compte de l'impact des processus qui ne sont pas simulés pour le moment (Kurz et al., 2013). Les résultats ne doivent donc pas servir à évaluer les biais potentiels (ou l'exactitude) des estimations. Les paragraphes suivants présentent des détails sur la caractérisation des sources d'incertitude.

Les données des inventaires forestiers utilisées dans les modèles de simulation répondent à des besoins de planification et d'exploitation. Les méthodes, normes, définitions et niveaux de qualité diffèrent d'une instance à l'autre, selon leurs objectifs. Bien que les différentes techniques et procédures d'inventaire utilisées à travers le pays soient généralement documentées, il est rare que cette documentation contienne une évaluation quantitative de l'incertitude. Bien qu'il soit actuellement impossible de quantifier les incertitudes liées, par exemple, aux superficies de forêts aménagées, les effets de cette source d'incertitude peuvent être indirectement intégrés dans l'incertitude associée à la simulation de l'augmentation de la biomasse. Pour les besoins de la présente évaluation, un niveau d'incertitude de 50 % est associé à l'augmentation de la biomasse. Celui-ci comprend non seulement les incertitudes associées aux superficies de forêts aménagées, mais aussi celles associées à la répartition des classes d'âge, aux courbes de rendement et aux équations allométriques utilisées pour l'estimation.

Les superficies de forêts aménagées touchées annuellement par des perturbations naturelles et anthropiques ont une grande incidence sur la dynamique du C forestier dans son ensemble. Les perturbations influent sur les émissions et les absorptions de C à court terme, ainsi qu'à long terme par la décomposition des résidus et la répartition des classes d'âge. Des incertitudes de 10 % sont présumées pour les superficies de forêts aménagées sujettes chaque année à des incendies, et des incertitudes de 25 % pour celles sujettes à des infestations d'insectes. La superficie totale limitée des tourbières boisées qui ont été drainées laisse supposer que l'incidence de l'incertitude associée à cette activité est minime.

Les incertitudes concernant le C libéré par les produits récoltés sont propres aux régions et incorporent des plages d'erreur associées au volume récolté (± 1 %), ainsi que des écarts types associés à la densité du bois rond et au facteur d'ajustement pour l'écorce (Tableau A3.5-4). Aucune erreur n'a été présumée pour la proportion de C de la biomasse. Le coefficient annuel de variation a été multiplié par deux afin d'approximer une distribution normale au moyen d'une distribution triangulaire.

L'évaluation établit également les incertitudes liées aux émissions découlant de la conversion des forêts. Ces incertitudes sont ensuite utilisées dans les évaluations de niveau 1 de l'incertitude associée aux estimations nationales, conjointement avec le taux d'incertitude de 30 % pour les zones converties chaque année, également utilisé dans cette analyse. La section de cette annexe portant sur la conversion des forêts donne une description du calcul de cette valeur (voir la section A3.5.2.10).

Les réservoirs du sol et de MOM contiennent un volume important de C. Des travaux précédents ont montré que les stocks initiaux de C dans la MOM, au début d'une simulation complète, sont sensibles aux taux de perturbations historiques. Dans la présente évaluation, les stocks initiaux de C dans les réservoirs du sol et de MOM pouvaient varier en modifiant les

intervalles historiques (avant 1990) de récurrence des feux. Même si les taux de décomposition modélisés de la matière organique du sol par les processus annuels sont infimes, en raison de la taille des réservoirs et des superficies boisées, ils influent fortement sur les émissions attribuables aux processus annuels.

Pour les besoins de la présente analyse, la variation de 28 paramètres a été permise dans les analyses de Monte-Carlo :

- taux de décomposition de base pour les réservoirs de MOM (11 paramètres)
- proportion de matériel décomposé qui est oxydé comparativement au matériel qui est transféré dans un autre réservoir de MOM (5 paramètres)
- taux de renouvellement pour les réservoirs de biomasse (12 paramètres)

En l'absence d'indications probantes pour étayer des fonctions plus complexes, toutes les fonctions de distribution des probabilités des données d'entrée pour l'augmentation de la biomasse, les données sur les activités sur les perturbations humaines et naturelles et les paramètres de décomposition sont présumées être des distributions triangulaires. Une fonction de la distribution de probabilité gamma est utilisée pour les intervalles de feux (Metsaranta et al., 2014).

L'incertitude significative dans la modélisation pourrait résulter de la sélection aléatoire de peuplements d'arbres sujets à des perturbations dues aux incendies et au déboisement (Kurz et al., 2008b), laquelle interagit avec l'incertitude associée aux données des inventaires forestiers. L'analyse tient compte de l'effet aléatoire des algorithmes de sélection des peuplements, en permettant l'initialisation de ces algorithmes au moyen de différentes valeurs de départ.

Il est important de noter les interactions entre les données d'entrée et les paramètres. Par exemple, l'incertitude associée à l'âge d'un peuplement forestier (ou structure de classe d'âge d'un paysage forestier) peut influencer sur la simulation de la productivité du peuplement (ou paysage), selon les courbes de rendement et l'emplacement spécifique d'une catégorie d'âge donnée le long de ces courbes. Les émissions attribuables aux perturbations — y compris la conversion des forêts en d'autres catégories de terres — sont régies non seulement par les zones touchées, mais aussi par les stocks de C présents avant la conversion, les paramètres des matrices de perturbation qui répartissent le C entre les réservoirs ou les « rejets » dans l'atmosphère, et les taux de décomposition après la conversion. Par conséquent, il est impossible d'établir les incertitudes associées aux estimations simplement en combinant les incertitudes sur les données sur les activités et celles sur les coefficients d'émission.

Des estimations de l'incertitude sont établies à la fois pour les émissions et les absorptions déclarées représentant des facteurs anthropiques et pour les émissions et les absorptions non déclarées associées à des perturbations naturelles. Les années où il n'y a pas de variation importante, aucune analyse approfondie de l'incertitude au moyen de la simulation de Monte-Carlo n'est réalisée. À la place, une extrapolation statistique des intervalles de confiance de chaque catégorie du rapport en cours est effectuée pour les estimations concernant la forêt et les PLR. Ces extrapolations font appel aux données des rapports antérieurs, dans lesquels les estimations numériques des incertitudes ont été déterminées au moyen de simulations de Monte-Carlo, comme expliqué précédemment et décrit plus en détail dans Metsaranta et al. (2017, 2020). Les estimations totales de l'incertitude sont attribuées aux catégories déclarées et non déclarées au moyen des mêmes procédures de catégorisation que celles utilisées pour estimer les valeurs déclarées et exclues (voir la section A3.5.2.6).

Tableau A3.5-4 Plages d'incertitude pour le carbone des produits ligneux récoltés, par province et territoire du Canada

Province ou territoire	Multiplicateur minimal	Multiplicateur maximal
NL	0,96	1,04
PE	0,88	1,12
NS	0,88	1,12
NB	0,92	1,08
QC	0,86	1,14
ON	0,92	1,08
MB	0,86	1,14
SK	0,92	1,08
AB	0,90	1,10
BC	0,92	1,08
YT	0,84	1,16
NT	0,74	1,26

Note :

Source : Metsaranta et al. (2014)

Il serait utile de prendre en considération d'autres aspects pour déterminer les effets directs de l'activité humaine, et les incertitudes, en ce qui concerne la dynamique du C forestier. Des améliorations sont prévues au cours des prochaines années, en fonction de l'amélioration des connaissances, des procédures, des mises en œuvre de logiciels et de l'accès à une capacité de calcul supérieure.

A3.5.2.10. Conversion des forêts

Pour tenir compte des effets résiduels à long terme de la conversion des forêts, on a estimé les taux annuels de conversion des forêts à d'autres affectations à compter de 1970. La démarche adoptée pour estimer les superficies forestières converties à d'autres affectations avant 2010 reposait sur trois grandes sources de renseignements : l'échantillonnage systématique ou représentatif des images de télédétection, les registres de données et le jugement d'experts. Les méthodes de base ont été mises à l'essai dans le cadre de plusieurs projets pilotes (Leckie, 2006a), et la méthodologie a été établie partout au Canada. En ce qui concerne les dernières années, la méthode d'estimation s'est appuyée sur la cartographie et l'échantillonnage représentatifs des événements de conversion de forêts de grande étendue à partir d'images de télédétection.

La méthode de base consiste à cartographier la conversion des forêts par télédétection sur des échantillons d'images du Landsat datant de 1975, 1990, 2000, 2008, 2013 et 2018. En faisant ressortir les changements survenus entre deux dates d'images, on met en évidence les secteurs où le couvert forestier a subi des changements, ce qui permet de déceler les événements de conversion des forêts (les « événements candidats »). Ensuite, on interprète ces images pour déterminer : si la couverture terrestre de l'événement candidat était à l'origine une forêt (au moment 1), et si on observe un changement d'affectation des terres réel au moment 2 (Leckie et al., 2002, 2010b). Cette procédure d'interprétation de la conversion des forêts est fortement étayée par des données de détection spatiale supplémentaires, notamment : des photographies aériennes numérisées; des images Landsat hivernales de manteau neigeux et de défoliation; des images Landsat secondaires provenant d'autres dates et années; des données auxiliaires, comme les cartes situant les routes, les établissements, les terres humides, la couverture boisée et l'emplacement des mines et des gravières; et enfin des bases de données spécialisées qui indiquent l'emplacement des oléoducs et des gazoducs ainsi que des plates-formes d'exploitation (Leckie et al., 2006; Dyk et al., 2015). Lorsqu'elles sont facilement accessibles, on utilise également les données détaillées des inventaires forestiers.

Chaque image de changement est interprétée et analysée; chaque conversion de terres forestières supérieure à un hectare est délimitée à la main. On a interprété le type de forêt, sa maturité et sa densité (la combinaison de ces trois éléments correspond au type avant conversion, ou « pré-type ») avant la conversion des forêts⁵ et enregistré l'affectation des terres après le déboisement (« post-classe »). Les intervalles de confiance relatifs à l'affectation des terres à la période initiale et à une période ultérieure sont utilisés dans les « contrôles de qualité » subséquents et les procédures de validation sur le terrain.

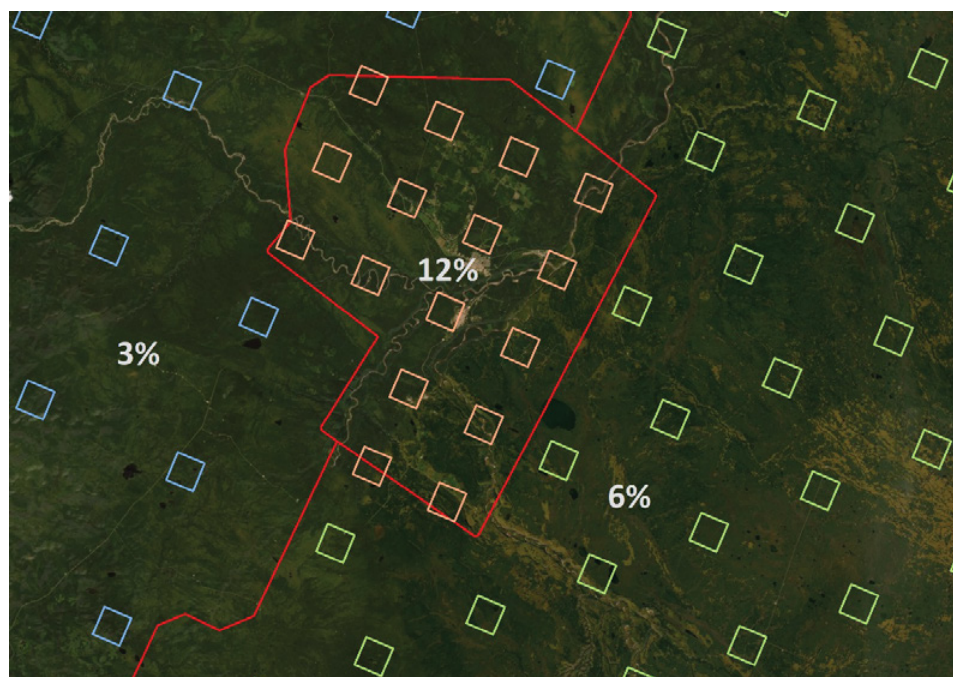
Loin de se limiter aux forêts aménagées, la surveillance des activités de conversion des forêts couvre toutes les terres forestières du Canada. L'ensemble des zones boisées du Canada a été stratifié en régions selon le niveau prévu de conversion des forêts et la cause dominante, ce qui a déterminé l'intensité d'échantillonnage cible. Selon le profil spatial escompté et les taux de conversion des forêts, les méthodes d'échantillonnage ont varié d'une cartographie détaillée à un échantillonnage systématique sur toute l'unité d'analyse d'intérêt à la sélection représentative de cellules d'échantillonnage dans une maille systématique. Par exemple, dans les zones peuplées du sud du Québec, à la limite des Prairies et en Colombie-Britannique, on a atteint en général un taux d'échantillonnage de 12 % au cours des périodes antérieures, avec des mailles de 3,5 km sur 3,5 km à des nœuds d'une grille de 10 km sur 10 km (Figure A3.5–5). On a utilisé un taux d'échantillonnage plus faible dans certaines zones d'activité forestière caractérisées par une faible densité de la population et où les principales activités économiques sont la foresterie

et l'extraction d'autres ressources naturelles. On définit en outre les cas spéciaux connus et localisés d'activités d'envergure de conversion de forêt, comme les réservoirs hydroélectriques et l'exploitation des sables bitumineux de l'Alberta. Dans de tels cas, les secteurs au complet sont traités comme des événements isolés (« points chauds » à la Figure A3.5–6), au moyen d'une cartographie spatialement détaillée.

En pratique, les contraintes de ressources limitent la taille de l'échantillon de télédétection. Dans la mesure du possible, un taux d'échantillonnage cible de 12 % ou de 6 % a été atteint. Il est également important de noter que différents taux d'échantillonnage peuvent être appliqués pour chaque période dans le but de suivre les différents taux d'activité entre les périodes. Les superficies totales, qu'elles fassent l'objet d'une cartographie détaillée ou d'un échantillonnage, couvrent une vaste étendue du territoire canadien, soit environ 346 Mha. Cette superficie totale a été cartographiée à différentes périodes, dont plus de 17 Mha cartographiés pour 1975–1990, 41 Mha cartographiés pour 1990–2000, 22 Mha pour 2000–2008, 23 Mha cartographiés pour 2008–2013 et 15 Mha cartographiés pour 2013–2018 (Figure A3.5–6). La cartographie des zones échantillonnées et des événements individuels plus vastes est mise à jour selon un cycle d'environ cinq ans et peut être intégrée progressivement pour la période la plus récente.

5 Voir les paramètres de définition de « forêt » au Chapitre 6

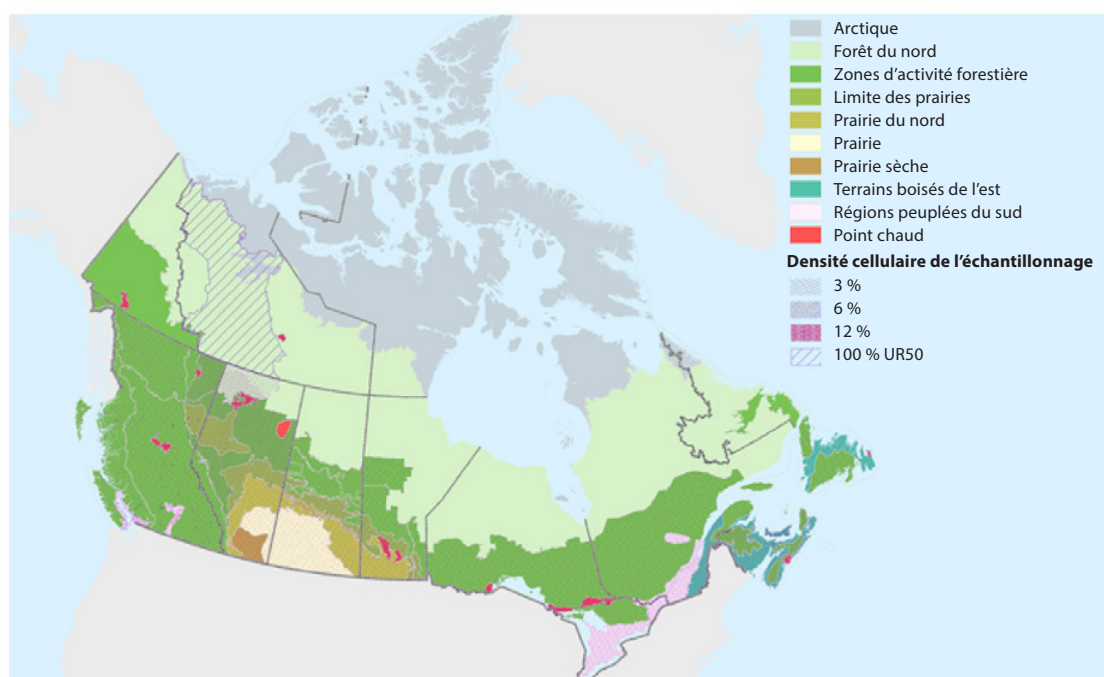
Figure A3.5–5 Trois taux d'échantillonnage sur des images satellites de cartes de conversion des forêts



Note : Image de fond : Secteur près de Fort Nelson, Colombie Britannique (Imagerie mondiale d'ESRI).

Au centre, les échantillonnages sont plus nombreux, avec une densité de 12 %; à droite, la densité est de 6 % et, à gauche, les échantillonnages sont plus clairsemés, avec une densité de 3 %.

Figure A3.5–6 Strates de conversion des forêts et secteurs d'échantillonnage en 2013–2018



Les régions du nord du Canada n'étaient pas représentées auparavant dans l'estimation du Système national de surveillance de la déforestation en raison de la faible activité anticipée. Par conséquent, l'activité de déboisement avait été présumée nulle dans cette région (Dyk et al., 2015). Afin de vérifier le degré d'activité dans le Nord, un projet de cartographie complète du déboisement de l'écozone de la Taïga des plaines des Territoires du Nord-Ouest (UR50) a été entamé, lequel s'appuie sur des ensembles de données sur les perturbations anthropiques. L'UR50 a été traitée au moyen d'une cartographie de toute la région (Figure A3.5–6), laquelle a révélé que la déforestation dans cette UR représente moins de 0,2 % du taux de déboisement annuel du Canada. Ces résultats ont été déclarés pour la première fois dans le rapport de 2022.

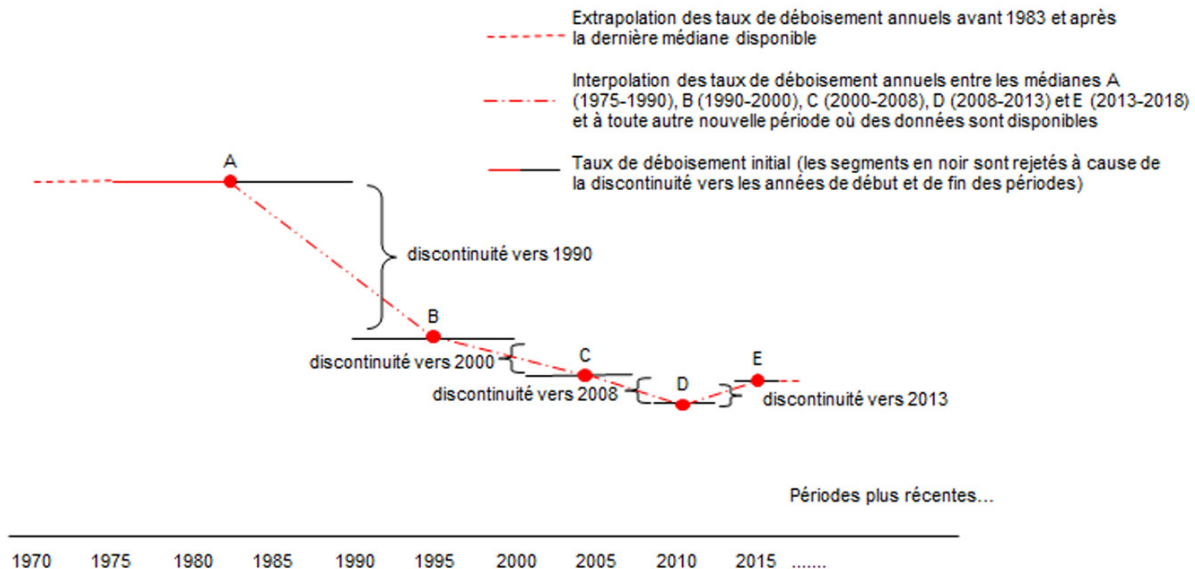
Les données des registres existants ont aussi été rassemblées. Elles consistent surtout en des renseignements sur les chemins forestiers, les lignes de transport d'électricité, les infrastructures pétrolières et gazières et les réservoirs hydroélectriques (Leckie et al., 2006). Pour déterminer les sources de données (registres ou images) les plus pertinentes, on se base sur la couverture temporelle, la disponibilité et la pertinence des registres. Des données de registres sont parfois utilisées pour valider les estimations au moyen de l'interprétation d'images. En particulier, de telles données ont servi lors des premières activités de cartographie en Colombie-Britannique afin de fournir des estimations des activités de conversion pour les lignes de transport d'électricité et les activités pétrolières et gazières. L'interprétation des images de télédétection sert à l'évaluation des secteurs de forêts converties en raison d'un aménagement hydroélectrique.

Lorsque les données des registres ne sont pas disponibles ou qu'elles sont de piètre qualité, ou que l'échantillon de télédétection est insuffisant, l'avis d'experts est sollicité. Le jugement d'experts est aussi mis à contribution pour rapprocher les différences entre les registres et les données de télédétection et pour résoudre les écarts majeurs dans l'estimation de la superficie pour chaque période séquentielle de cartographie (c.-à-d. que les périodes 1975–1990, 1990–2000 et 2000–2008 ainsi que les plus récentes périodes sont mesurées sur un cycle d'environ 5 ans). Dans ces cas, on compare les avis d'experts et les sources de données, on examine les données de télédétection et les données des registres et on prend les décisions requises (Leckie, 2006b; Leckie et al., 2010a; Dyk et al., 2015). Dans le cas de la plupart des estimations actuelles, et sans doute de celles qui ont eu les incidences les plus marquées, les estimations proviennent directement des échantillons de télédétection.

Les données sur les activités sont, dans un premier temps, recueillies et résumées par unités d'analyse, puis tous les événements de conversion sont rassemblés dans une base de données. L'objectif de cette compilation est de résumer les événements afin d'obtenir, pour chaque UR, les classes détaillées suivant la conversion. Ce processus de compilation fait également appel à l'insertion de données des registres et au jugement d'experts. Pendant cette procédure, le taux de conversion des forêts locales ($\text{ha}\cdot\text{an}^{-1}$) est obtenu à partir de la compilation des événements, en s'appuyant sur le temps qui s'est écoulé entre les images. Comme les images disponibles ne sont pas forcément d'une année en particulier, les taux couvrent différentes périodes. Ainsi, durant la compilation des données, on associe chaque événement de conversion de forêt à une période et on attribue le taux de conversion des forêts correspondant à cette période. Par exemple, la conversion de 7,0 hectares observée sur les images datant de la période 1975–1989 génère un taux de $0,5 \text{ ha}\cdot\text{an}^{-1}$ ($7,0 \text{ ha}/14 \text{ ans}$), qu'on attribue ensuite à la période 1975–1990. La superficie totale interprétée dans une unité d'analyse pour cette période sert ensuite à calculer le taux de conversion des forêts relatif ($[\text{ha}\cdot\text{an}^{-1}]/\text{km}^2$ interprété) pour tous les événements du même type. Il s'agit ensuite de mettre les taux relatifs à l'échelle de chaque unité d'analyse. Enfin, les données sont regroupées selon l'utilisation finale des terres (p. ex., les cultures agricoles ou les secteurs résidentiels ruraux), puis résumées selon des catégories plus vastes au moment de la recompilation par UR.

Les données de télédétection proviennent d'images à résolution moyenne qui datent d'environ 1975, 1990, 2000, 2008, 2013 et 2018, et d'années plus récentes, à mesure que de nouvelles images sont disponibles, tandis que les données des registres sont des données annuelles ou des données résumées pour une période donnée. Comme mentionné précédemment, la méthode de télédétection de base donne, jusqu'ici, cinq taux moyens distincts de conversion des forêts pour les périodes cartographiées, mais aucune estimation annuelle de ces taux. Pour déterminer des taux annuels de conversion des forêts pour la période de 1970 à l'année d'inventaire actuelle, il faudrait appliquer simultanément deux procédures : i) extrapoler les taux annuels d'avant 1983 d'après le point médian de la plus récente période cartographiée disponible, et ii) effectuer une interpolation linéaire entre les points médians des périodes cartographiées et ceux des analyses récentes achevées au moment de la présentation du rapport (Figure A3.5–7). En plus des données interpolées, on peut aussi compter sur les grands événements individuels pour lesquels on possède de l'information sur les perturbations par l'entremise de registres ou d'activités de cartographie détaillée, par exemple, les réservoirs hydroélectriques.

Figure A3.5–7 Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts



Assurance et contrôle de la qualité des données sur la conversion des forêts

Un grand soin a été apporté à l'analyse des données des registres, leur pertinence et leurs limites. Leur provenance a été examinée, le personnel ayant participé à la gestion et à la mise en œuvre de la collecte et du stockage des données a été interrogé et, lorsque cela était possible, les chiffres ont été vérifiés par rapport à des sources de données indépendantes, à l'échantillon d'images à haute résolution et aux connaissances des experts.

L'interprétation des images obtenues par télédétection se fait selon une procédure définie (Leckie et al., 2010b; Dyk et al., 2015), même si elle est réalisée par divers organismes, dont des groupes de foresterie ou de géomatique des gouvernements provinciaux, des entreprises de télédétection ou de cartographie, des organismes de recherche et développement et les experts internes du gouvernement. La procédure de base pour le contrôle de qualité de l'analyse des images comprend des contrôles de qualité effectués au sein même de l'organisme ou de la société de cartographie par un employé de rang supérieur, l'assurance de la qualité réalisée durant l'interprétation, en temps réel, par des spécialistes du SCF qui communiquent leurs commentaires dans les jours qui suivent l'interprétation de chaque secteur, et une assurance de la qualité et une vérification finale de l'interprétation des données, réalisée par le SCF. Une validation sur le terrain est réalisée en continu selon la disponibilité de ressources. Chaque point de contrôle de la qualité et de révision est consigné dans la base de données du système d'information géographique (SIG) sur les événements de conversion (Dyk et al., 2015).

Les rapports de décision sur les données utilisées, le jugement d'experts et la conciliation des données contradictoires de chaque nouveau rapport sont documentés dans la base de données de traitement global (Leckie, 2006b) et ont été mis à jour (Dyk et al., 2015). La provenance et les limites des données sont enregistrées, et les données et les interprétations de télédétection archivées.

Degré d'incertitude des données sur la conversion des forêts

L'élaboration d'une estimation de l'incertitude associée aux données de conversion des forêts est une tâche complexe et difficile en raison de la variabilité spatiale et temporelle de ces données. Comparativement aux estimations antérieures, les estimations actuelles profitent de plusieurs années d'expérience et de connaissances acquises lors de l'élaboration des précédentes estimations (Leckie, 2011; Dyk et al., 2015). Les améliorations apportées comprennent les suivantes :

- ensemble de données élargi comprenant des données additionnelles d'observation de la Terre (OT); Landsat, Sentinel 2, SPOT-5, photographies aériennes et images satellites à haute résolution;
- agrandissement de la superficie échantillonnée pour les secteurs ciblés et d'autres secteurs;

- analyse et validation des données de registres au moyen d'images à haute résolution (par exemple, perturbations connexes issues des pipelines et de vs routes d'accès);
- prolongement de la couverture temporelle jusqu'à la période la plus récente;
- examen de la série chronologique sur la déforestation à la période 1970–2004, fondée sur des analyses spatiales plus récentes;
- validation des ensembles de données sur les perturbations anthropiques pour le nord du Canada;
- acquisition de connaissances découlant d'une plus grande expérience et de l'expertise acquise durant les activités d'examen et de validation du contrôle de la qualité.

Ces améliorations permettent une meilleure détection, délimitation et détermination de la taille et de la cause des événements, et elles permettent aussi d'estimer plus précisément le moment de la survenue des événements de conversion.

Deux approches d'estimation des incertitudes ont été prises en compte, l'une empirique et l'autre, analytique. L'estimation obtenue repose sur ces approches, et elle représente une estimation de l'incertitude associée aux estimations de la superficie des activités. Les sources additionnelles d'incertitude liée aux types de forêts converties, à la catégorie des terres après la conversion et au moment de la conversion ne sont pas prises en compte.

L'approche empirique vise à évaluer l'incertitude globale liée à l'estimation de la conversion des forêts. Elle fournit une estimation de l'incertitude qui tient compte de l'ensemble des diverses composantes de l'incertitude et de leurs interactions potentielles.

L'estimation empirique de l'incertitude a été élaborée en estimant les valeurs extrêmement faibles, faibles, élevées et extrêmement élevées du taux de conversion des forêts, pour chaque UR et chaque classe d'utilisation finale. Ces estimations reposaient sur les connaissances des experts concernant les activités et les pratiques à l'échelle régionale. Toutes ces estimations ont ensuite été compilées à l'échelle nationale. Les comparaisons entre les estimations extrêmes et non extrêmes ont donné un aperçu d'une plage de conversion possible. En suivant cet exercice, il a été déterminé que l'estimation de l'incertitude globale associée à la conversion des forêts se situait entre $\pm 20\%$ et $\pm 30\%$.

L'approche analytique décompose l'incertitude en sous-composantes, puis combine celles-ci au moyen d'une simple méthode de propagation d'erreur. Les composantes prises en compte sont les erreurs d'omission, d'inclusion, d'échantillonnage et de délimitation.

Les erreurs d'omission et d'inclusion varient en fonction d'un certain nombre de facteurs, mais particulièrement de la date et de la qualité de l'imagerie avant et après la conversion. Pendant toute la série chronologique, il semble que les perturbations omises soient de taille moins importante, tandis que les erreurs d'inclusion sont habituellement associées à une mauvaise interprétation plutôt qu'à une méprise et dépendent donc moins de la taille de la perturbation. Les erreurs d'inclusion et d'omission ont tendance à s'équilibrer. Pour les périodes après 2000, les erreurs d'inclusion sont possiblement supérieures aux erreurs d'omission, particulièrement en raison d'un délai insuffisant suivant la perturbation pour confirmer que les superficies ont bel et bien été déboisées de façon permanente.

L'incertitude associée aux erreurs de délimitation tient compte des erreurs résultant d'une localisation erronée des limites de la superficie convertie par rapport à la superficie réelle de la conversion. Une surestimation et une sous-estimation de la superficie sont possibles. Cette source d'incertitude varie grandement en fonction de la qualité et de la résolution des images utilisées dans le processus de délimitation; les améliorations apportées à la résolution et à la qualité des images réduisent cette source d'incertitude.

Les estimations de l'incertitude sur l'échantillonnage se concentrent sur le processus réel d'échantillonnage et la mise à l'échelle des estimations pour de grands secteurs (strates/UR). Le processus d'échantillonnage est un mélange de cartographie détaillée et d'échantillonnage systématique. Dans certains secteurs, la couverture et la conception de l'échantillonnage étaient différentes pour chaque période de cartographie. L'erreur d'échantillonnage varie en fonction de la quantité d'activité dans chaque région au cours de chaque période échantillonnée. En outre, cette erreur varie en fonction de la taille et de la distribution spatiale des événements de conversion (Leckie et al., 2015). L'incertitude due à l'échantillonnage et à la mise à l'échelle diffère donc sur le plan régional; de plus, puisque les causes de conversion peuvent également varier d'une région à l'autre, on considère cette incertitude comme étant globalement variable.

Les résultats de cette approche analytique sont cohérents avec ceux obtenus avec une approche empirique. À la lumière de ces calculs, une estimation conservatrice est déterminée, laquelle établit l'incertitude à la limite supérieure de la plage de conversion, soit $\pm 30\%$. Des travaux plus approfondis aideront à améliorer notre compréhension actuelle des différentes sources d'incertitude, de leurs interactions et des approches utilisées pour combiner ces composantes.

La plage d'incertitude de $\pm 30\%$ est une estimation globale tenant compte de l'ensemble des périodes, des régions et des types de conversion des forêts. Il faut donc faire preuve de prudence lorsqu'on l'applique à la superficie cumulative de Terres forestières converties à une autre catégorie depuis 20 ans ou depuis 10 ans dans le cas des réservoirs (superficies déclarées dans les tableaux du CUPR).

A3.5.3. Produits ligneux récoltés

Le secteur ATCATF de l'inventaire comprend une estimation des émissions de CO₂ liées à l'utilisation et à l'élimination des PLR fabriqués avec du bois découlant d'activités d'exploitation des forêts (y compris la récolte de bois de chauffage) et de conversion des forêts au Canada, que les produits soient consommés au Canada ou ailleurs dans le monde, conformément au cadre général de l'approche de décomposition simple, décrite dans l'annexe du volume 4, au chapitre 12, des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Quoique différente, la méthode est semblable à l'approche de production, en ce sens que le réservoir des PLR est traité comme un transfert de C à partir de la récolte de bois; par conséquent, l'oxydation instantanée du bois l'année de la récolte n'est pas présumée selon cette approche. L'approche permet de suivre le devenir du C dans toute la biomasse ligneuse récoltée à l'échelle du pays et transportée hors site. Les émissions de CO₂ attribuables à l'utilisation et à l'élimination des PLR sont estimées et déclarées dans le secteur ATCATF, tandis que les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables à la combustion des PLR ou à la décomposition au pays sont estimées et déclarées dans les secteurs des Déchets et de l'Énergie.

Démarche générale et méthodes

Un nouveau modèle propre au pays, le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur le C des forêts pour les produits ligneux récoltés (SNSCPR-CF-PLR) a été élaboré pour estimer et décrire le sort du C présent dans le bois récolté dans les forêts et les autres terres boisées au Canada.

Données d'entrée du modèle et sources de données

Parmi les données d'entrée du modèle figure la masse annuelle de C transférée aux produits forestiers par des activités de récolte classiques, de récolte de bois de chauffage résidentiel sur les terres forestières et autres terres boisées, et de conversion des forêts depuis 1990. Cette donnée d'entrée fait l'objet d'une distribution spatiale par UR (voir la section A3.5.1), selon les calculs du MBC-SFC3 (voir la section A3.5.2.1), ce qui permet de s'assurer qu'il n'y a ni gain, ni perte, dans le flux de C des terres de production de bois aux produits.

Les données sur le volume annuel de bois de chauffage résidentiel et de déchets ligneux industriels sont fournies par le secteur de l'Énergie. Les données sur la consommation de bois de chauffage résidentiel ont été recueillies au moyen d'une enquête sur l'utilisation résidentielle de bois pour les années 1997, 2003, 2007, 2015, 2017 et 2019 (Statistique Canada, 1997, 2003, 2007, 2015, 2017, 2019). Des données sur la consommation de granules et de bûches fabriquées ont été recueillies pour les années 1996, 2006, 2012, 2017 et 2019 (Canadian Facts, 1997; TNS, 2006, 2012; Statistique Canada, 2017, 2019). Ces données ont été recueillies seulement pour les provinces (c.-à-d. pas pour les territoires) et regroupées en grandes catégories d'appareils (c.-à-d. foyers modernes et classiques encastrables, poêles à bois, chaudières à bois, poêles à granules, appareils de chauffage à eau chaude, chauffe-eau et autres appareils). Les enquêtes de 2017 et de 2019 ont également servi à recueillir des données sur le type de bois utilisé pour le chauffage, lesquelles ont été regroupées spatialement par UR (Trégaro, 2020). Ainsi, les densités du bois selon l'essence ont pu être utilisées (Blondel et Tracey, 2018) et elles ont été maintenues constantes tout au long de la série chronologique. Les données sur la consommation de granules et de bûches fabriquées ont été recueillies en fonction de la masse. Ces données ont été interpolées et extrapolées pour d'autres années à l'aide du nombre de degrés-jours de chauffage dans chaque province par rapport aux années d'enquête. Les données sur la consommation de bois de chauffage pour les territoires sont tirées des statistiques sur la récolte de bois de chauffage et de bois de foyer provenant de la Base de données nationale sur les forêts⁶, alors que les données sur la consommation de bois de chauffage par l'industrie (biomasse et liqueurs résiduelles) pour la production d'énergie sont tirées du *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) annuel. Pour des précisions, veuillez consulter la section A3.1.4.1.4.

Les données sur les déchets de bois incinérés dans des installations d'incinération contrôlée sont fournies par le secteur de Déchets, pour des détails sur les sources de données spécifiques et les méthodologies utilisées voir la section A3.6.3.

L'apport de C provenant de l'exploitation historique est obtenu à partir de données nationales de Statistiques Canada sur la production de produits, qui couvrent la période de 1941 à 1989. Pour la période de 1900 à 1940, les apports de C sont estimés rétrospectivement à partir des données de production historiques par extrapolation des données de la période de 1941 à 1989, tandis que les quantités consommées et exportées sont calculées à l'aide de proportions moyennes pour la période de cinq ans allant de 1961 à 1965.

6 Base de données nationale sur les forêts, accessible en ligne à : <http://nfdp.ccfm.org/fr/data/harvest.php>

Flux et paramètres du modèle

Le modèle utilise un schéma de flux conceptuel décrivant le mouvement et la transformation du bois récolté (Figure A3.5–8). Le modèle reçoit les apports de C et, en intervalles d'une année, exporte une partie du bois rond récolté, convertit tout le bois récolté en produits de base (bois scié et autre bois rond industriel, panneaux dérivés du bois, pâtes et papiers, granules et bûches fabriquées utilisées pour la production de bioénergie, et résidus de transformation du bois appelés « résidus de sciage »), exporte une partie des produits et fait le suivi des intrants et des extrants pour les PLR utilisés ou brûlés aux fins de bioénergie. Le modèle complet est composé de 15 schémas de flux semblables – un pour chaque province et territoire (exception faite du Nunavut), un pour les États-Unis, un pour le Japon et un autre qui combine tous les autres importateurs de produits forestiers canadiens. La décomposition sur place des résidus de récolte continue d'être prise en compte par les fluctuations des stocks de C dans le réservoir de MOM de la catégorie des Terres forestières.

Les statistiques récentes disponibles dans deux bases de données de la FAO, Forêts Production et Commerce⁷ et Flux du commerce⁸, ont été utilisées pour déterminer la proportion de la production canadienne de bois rond et de produits du bois qui est exportée dans trois destinations principales. Par exemple, selon les statistiques récentes de la FAO, au cours d'une année donnée, 98 % du bois rond industriel provenant de la récolte nationale demeure au pays afin d'être transformé, dont environ 70 % sont transformés en bois scié, en panneaux dérivés du bois et en d'autres produits de bois rond industriel ou de pâtes et papiers. De même, sur toute la série chronologique, environ 33 % du bois scié, entre 19 % et 65 % des panneaux dérivés du bois et moins de 13 % des pâtes et papiers sont utilisés au pays. La proportion des PLR qui sont transférés depuis le réservoir de produits utilisés est établie à l'aide de l'équation 12.1 du chapitre 12 du volume 4 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Tout le C retiré du réservoir de produits utilisés est présumé être oxydé instantanément. Les émissions découlant de l'utilisation de bois de chauffage résidentiel et des processus industriels alimentés par des résidus de sciage (p. ex. la bioénergie industrielle) sont représentées séparément afin de prévenir tout chevauchement potentiel avec les estimations déclarées par le secteur de l'Énergie.

L'efficacité des procédés de fabrication détermine la proportion de la biomasse de bois rond industriel qui est convertie en produits, et la fraction inutilisée est considérée comme des résidus de sciage. Ces proportions sont calculées au moyen d'une approche par bilan massique, qui permet de faire le rapprochement entre les données sur la récolte nationale et les données de la FAO sur la production et le commerce. L'efficacité des procédés de fabrication est calculée annuellement pour chaque type de produit : séparément pour le Canada, les États-Unis et le Japon et ensemble pour toutes les autres destinations d'exportation. Des valeurs par défaut ont été utilisées pour les facteurs d'expansion de l'écorce et la teneur en C du bois, pour tous les pays (Tableau A6.5–1). Des paramètres par défaut sont appliqués pour convertir le volume de produits en unités de C pour les pays autres que le Canada et les États-Unis, et aussi lorsque des paramètres propres au pays ne sont pas disponibles pour le Canada ou les États-Unis (Tableau A6.5–2). Des valeurs de densité du bois propres au Canada ont été utilisées pour les catégories suivantes de produits canadiens : bois rond, bois scié, panneaux, et autre bois rond industriel, et des valeurs par défaut ont été utilisées pour les catégories nationales des pâtes et papiers. Des valeurs propres au pays ont été utilisées pour toutes les quantités nationales pour les États-Unis. Des valeurs par défaut ont été utilisées pour les quantités nationales et importées pour le Japon et les autres endroits. On suppose que toutes les matières premières fibreuses ligneuses produites une année donnée sont transformées par le secteur de la Fabrication des produits forestiers au cours de la même année.

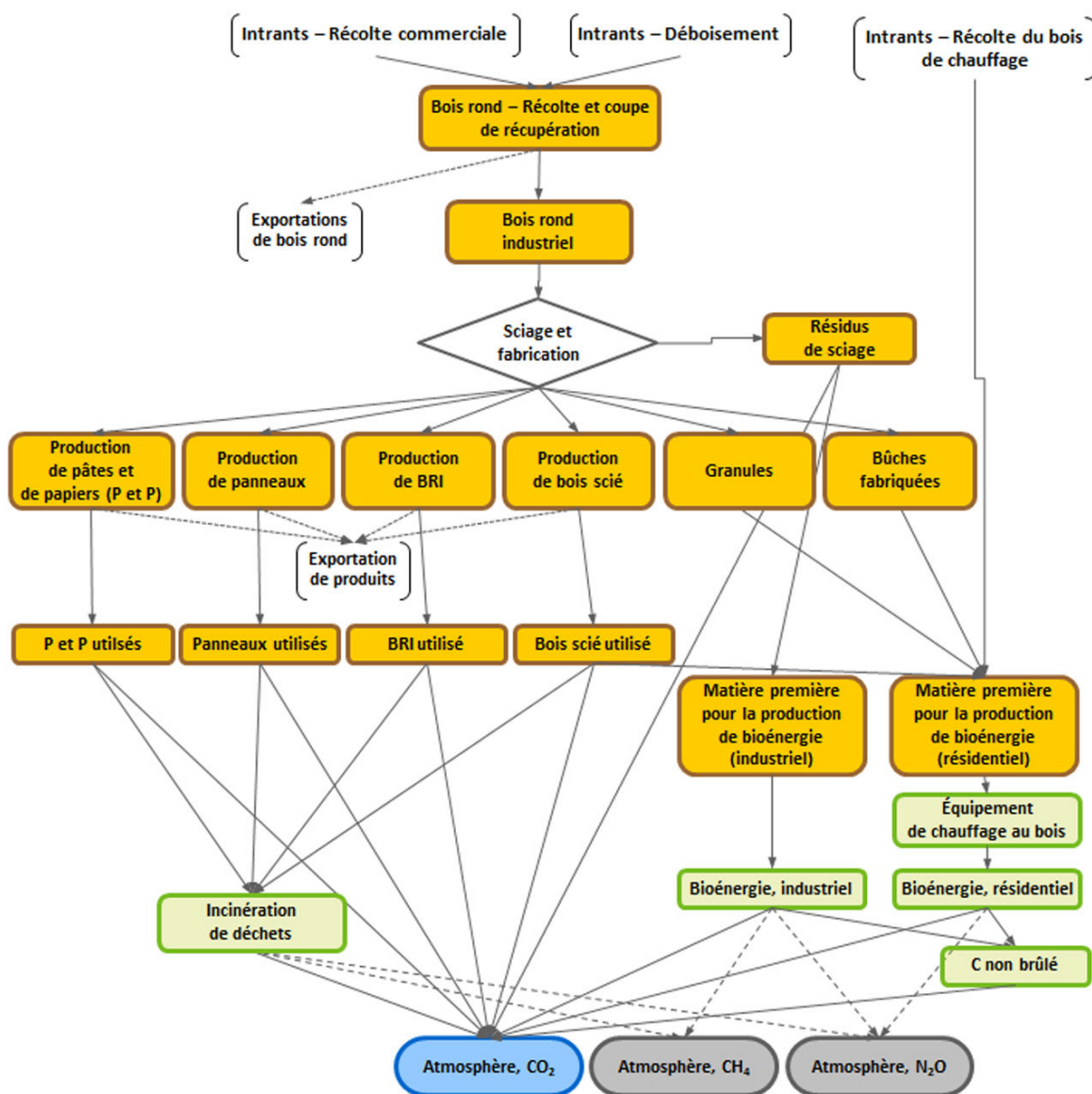
Tout le bois transféré de la forêt au réservoir des PLR est inclus dans le modèle des PLR, mais certains produits associés à des portions du bois, comme les copeaux ou les granules de bois, ne sont pas explicitement identifiés dans les données. Contrairement aux autres bois de PLR, les copeaux et les granules sont estimés à l'aide d'enquêtes sur la consommation du bois de chauffage. On suppose que le bois utilisé pour la bioénergie, qui comprend les copeaux et les granules, provient de la catégorie d'extrants « résidus de sciage » dans le modèle (Figure A3.5–8). Ce C est quantifié et attribué à la bioénergie, mais n'est pas différencié des autres déchets résiduels, lesquels sont tous présumés être oxydés au moment de leur élimination. L'exportation de copeaux et de granules de bois n'est actuellement pas prise en compte dans le modèle.

Le modèle démarre le réservoir en 1900 et applique les demi-vies de produits utilisés aux types de produits ligneux selon l'emplacement géographique. Les valeurs de demi-vies sont tirées directement du Tableau 3a.1.3 du GIEC (2003), ou bien sont calculées à partir du même tableau au moyen de moyennes pondérées (production) correspondant aux catégories de produits ligneux du SNSCPR-CF-PLR (Tableau A6.5–3).

7 Forêts Production et Commerce de FAOSTAT, accessible en ligne à : <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/FO>

8 Flux du commerce de FAOSTAT, accessible en ligne à : <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/FT>

Figure A3.5–8 Schéma simplifié du flux de carbone dans les Produits ligneux récoltés



Note : BRI = Autre bois rond industriel

Combustion de la biomasse

Les émissions attribuables à la biomasse, comme elles sont déclarées dans le secteur de l'Énergie, sont regroupées en trois principales catégories, en fonction de la source : i) bois de chauffage résidentiel, ii) déchets ligneux industriels (y compris les liqueurs résiduelles), et iii) éthanol-carburant/biodiesel (avec l'hypothèse qu'ils ne proviennent pas de déchets ligneux ou de liqueurs résiduelles).

La combustion du bois de chauffage résidentiel produit du CO₂, du CH₄, du N₂O et une quantité restante non prise en compte de C probablement présent dans les COV, les hydrocarbures et le charbon non brûlés que l'on présume être instantanément oxydés, dans des quantités qui dépendent de la technologie de combustion utilisée. Les émissions sont calculées en multipliant la quantité de bois brûlé dans chaque type d'appareil par le coefficient d'émission pour le type d'appareil en question. Les coefficients d'émission pertinents sont fournis au Tableau A6.6 –1, et ils sont exprimés sous forme de grammes de gaz émis par kilogramme de combustible consommé, qui, aux fins du modèle, ont été convertis en tonnes de C émis sous forme de gaz par kilogramme de combustible.

Les émissions attribuables à l'utilisation industrielle de l'énergie dérivée du bois (traitée en tant que résidus de sciage dans le modèle) sont présumées être le résultat de la combustion des déchets ligneux (c.-à-d. des copeaux de bois à brûler) et des liqueurs résiduelles par le secteur de la fabrication de pâtes et papiers. Comme c'est le cas pour l'utilisation de bioénergie résidentielle, les émissions attribuables à l'utilisation de bioénergie industrielle sont calculées en multipliant la quantité de combustible consommé par le coefficient d'émission du type de combustible en question. Les coefficients d'émission pour les déchets ligneux industriels et les liqueurs résiduelles sont aussi fournis dans le Tableau A6.6 –1. À noter que les coefficients d'émission sont exprimés en grammes de gaz émis par kilogramme de combustible consommé, en supposant que la teneur en humidité du combustible est de 0 %.

Le traitement des données sur le bois de chauffage résidentiel permet d'assurer l'uniformité avec les méthodes utilisées dans le secteur de l'Énergie et de veiller à ce que les répercussions de ce type de récolte sur la forêt et les autres écosystèmes forestiers soient correctement représentées dans la modélisation des émissions provenant des terres à la plus petite résolution spatiale possible (Trégaro, 2020). Tous les apports en C de la biomasse du réservoir de bois de chauffage sont fondés sur les volumes annuels indiqués par le secteur de l'Énergie. En particulier, les quantités annuelles de la consommation de bioénergie résidentielle (en tonnes de C) sont calculées pour chaque UR, pour chacune des sept (7) catégories de répartition : i) bois de résineux récoltés dans la forêt, ii) bois de feuillus récoltés dans la forêt, iii) bois récolté dans la forêt mixte, iv) biomasse ligneuse récoltée dans les terres agricoles, v) bois de chauffage provenant d'arbres sur des terres urbaines (établissements), vi) granules, et vii) bûches fabriquées, représentant les cibles de récolte de bois de chauffage à être mises en œuvre dans les modèles (Trégaro, 2020, Trégaro et Blondel, 2019, Hafer et al., 2020). Des cibles pour les trois premières catégories de la liste ont été mises en œuvre dans les simulations de MBC-SFC3 (voir la section A3.5.2.5), tandis que les cibles pour les quatre dernières catégories ont été mises en œuvre dans le modèle des PLR. Les répercussions de la récolte de bois de chauffage sur les catégories d'affectation des Terres cultivées et des Établissements ont été estimées (voir les sections A3.5.4.1 et A3.5.7.1 pour plus de détails).

Degré d'incertitude

Les estimations du degré d'incertitude de cette catégorie sont principalement basées sur l'incertitude relative aux apports de C, notamment : i) le C estimé dans les produits forestiers issus de l'exploitation et de la conversion des forêts dans le MBC-SFC3, ii) le volume du bois de chauffage résidentiel fourni par le secteur de l'Énergie, et iii) les statistiques disponibles sur la production de produits avant 1990.

L'analyse du degré d'incertitude (Metsaranta et al., 2020) divise l'incertitude en trois catégories : i) les incertitudes dans les suppositions et les méthodes, p. ex., la supposition que l'élimination des PLR suit un patron de décomposition exponentiel, ii) les incertitudes dans des coefficients ou des paramètres qui n'ont pas été calculés à partir des données sur les activités, p. ex., les demi-vies de réservoirs de produits utilisés et de réservoirs de sites d'enfouissement, et iii) les incertitudes dans les paramètres d'intrants et d'affectation reliés aux apports de la masse de C (p. ex., récolte de bois rond) et les paramètres de partition calculés à partir des données sur les activités.

Une analyse de la sensibilité a été utilisée pour filtrer les paramètres dont la variation ne devrait pas entraîner de changements importants dans les émissions résultantes avant l'analyse de Monte-Carlo. Les distributions des incertitudes et les plages d'incertitudes sont fondées sur la littérature dans la mesure du possible et, lorsqu'aucune distribution n'était disponible, sur le jugement d'experts.

Des paramètres supplémentaires ont été ajoutés à l'analyse de Monte-Carlo, notamment les distributions d'incertitudes pour des apports historiques (récolte antérieure à 1990), des apports contemporains (récolte depuis 1990) et cinq paramètres d'affectation liés à la bioénergie ont été ajoutés à la structure du modèle des PLR. Les apports historiques sont directement affectés aux réservoirs de produits utilisés et varient selon une distribution uniforme à laquelle est attribué un multiplicateur dans une fourchette de 0,75 à 1,25. Les apports contemporains sont obtenus à partir des extrants du modèle de MBC-SFC3, qui correspond à une gamme de masse de C. Ces extrants sont utilisés comme intrants pour l'analyse du degré d'incertitude associé aux PLR. Trois ensembles de réservoirs avec leurs événements et paramètres correspondants ont également été ajoutés à l'analyse : granules, bûches fabriquées et bioénergie (résidentielle et industrielle). La taille de l'échantillon (n) pour les analyses de Monte-Carlo était de 100.

Comme il a déjà été mentionné en A3.5.2.9, les années où les variations ne sont pas importantes, aucune analyse approfondie de l'incertitude n'est réalisée et, à la place, on détermine les intervalles de confiance pour chaque catégorie durant l'année du rapport en cours en extrapolant statistiquement les résultats du rapport précédent.

A3.5.4. Terres cultivées

Les méthodes décrites dans la présente section s'appliquent aux variations des stocks de C dans les sols minéraux soumis à la gestion des terres cultivées; à la conversion des terres des catégories des Terres forestières et des Prairies en Terres cultivées, aux émissions et à l'absorption de CO₂ provenant de la culture des histosols, aux variations de la biomasse des

espèces pérennes ligneuses, et aux émissions de N_2O causées par la perturbation des sols consécutive à la conversion en terres cultivées. La méthode d'estimation des fluctuations des stocks de C et des émissions de GES des réservoirs de biomasse et de MOM découlant de la conversion des Terres forestières en terres cultivées est décrite à la section A3.5.2.10.

A3.5.4.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé

Une description détaillée des méthodes utilisées pour estimer les variations de C associées aux pratiques de travail du sol, la conversion des cultures pérennes en cultures annuelles et la conversion des terres forestières et des prairies en terres cultivées est présentée dans McConkey et al., (2007a).

Variation des stocks de carbone dans les sols minéraux

Évolution des pratiques d'aménagement

La quantité de C organique retenue dans le sol représente l'équilibre entre les taux d'apport des résidus agricoles et les pertes dues à la décomposition du carbone organique dans le sol (COS). La façon dont le sol est aménagé détermine si la quantité de C organique stocké dans un sol augmente ou diminue. L'élaboration de la méthode d'estimation du CO_2 part du principe que, dans les terres cultivées depuis longtemps, les fluctuations des stocks de C du sol au cours d'une certaine période surviennent après des changements de méthodes de gestion du sol qui influent sur les taux d'ajout de C ou de perte du C du sol. Si aucun changement ne survient dans les pratiques de gestion, on présume que les stocks de C sont en état d'équilibre, et que leur taux de fluctuation est nul.

On sait qu'un certain nombre de pratiques d'aménagement augmentent le COS dans les terres cultivées, comme la réduction de l'intensité du travail du sol, l'intensification des systèmes de culture, l'adoption de pratiques favorisant le rendement et le rétablissement d'une végétation pérenne (Janzen et al., 1997; Bruce et al., 1999). L'adoption de pratiques de travail réduit du sol (TRS) ou de culture sans labour (CSL) peut entraîner une accumulation importante du COS comparativement à ce qu'on obtient avec les techniques de travail intensif (TI) (Campbell et al., 1995; 1996a; 1996b; Janzen et al., 1998; McConkey et al., 2003). De nombreux systèmes de culture peuvent être intensifiés en rallongeant la durée de l'activité photosynthétique par l'utilisation accrue de plantes fourragères pérennes (Biederbeck et al., 1984; Bremer et al., 1994; Campbell et al., 1998). Le fait de passer de systèmes de travail du sol conservateurs à des systèmes classiques ou de systèmes intensifs à des systèmes extensifs a généralement pour effet de réduire les apports de C et d'augmenter le taux de décomposition de la matière organique, ce qui réduit le COS.

VandenBygaart et al. (2003) ont compilé des données publiées dans d'études de longue durée menées au Canada en vue d'évaluer l'effet des pratiques de gestion agricole sur le COS. Des analyses plus récentes (Fan et al., 2017; Liang et al., 2020a,b; Liang et al., 2021) ont mené à l'élaboration de nouvelles méthodes. La compilation de données originale de VandenBygaart et al. et ces nouvelles études, de même que les données sur les activités provenant du *Recensement de l'agriculture*, ont permis de définir les principales pratiques d'aménagement et les changements de gestion utilisés pour estimer les fluctuations des stocks de C dans le sol. Les taux d'émission et d'absorption du CO_2 des sols minéraux sont estimés pour chacun des changements d'aménagement des terres (CAT) suivants :

1. Changement dans la gamme des cultures :
 - a) Augmentation des cultures pérennes
 - b) Augmentation des cultures annuelles
2. Changement des pratiques de travail du sol :
 - a) TI à TRS
 - b) TI à CSL
 - c) TRS à TI
 - d) TRS à CSL
 - e) CSL à TI
 - f) CSL à TRS
3. Variations de la productivité des cultures et de l'apport de C des résidus de cultures
4. Épandage de fumier

Lorsque les éléments nutritifs sont d'importants facteurs de limitation, une fertilisation adéquate peut augmenter le COS. En pareil cas, toutefois, on utilise généralement l'épandage d'engrais ou d'autres pratiques d'augmentation des éléments nutritifs. L'irrigation dans les régions semi-arides peut affecter le COS, mais l'impact n'est pas clair, et la superficie de terres irriguées est demeurée relativement constante au Canada. C'est pourquoi on présume que les CAT choisis représentent les influences les plus importantes et les plus constantes affectant le COS dans les sols minéraux.

Coefficient de variation des stocks de carbone en fonction de la superficie

Pour estimer les émissions ou les absorptions de C, on multiplie un coefficient de variation des stocks de COS propre à chaque combinaison de polygone PPC et de changement d'aménagement par la superficie de changement. Le coefficient est le taux moyen de fluctuation du COS par an et par unité de superficie de CAT.

Équation A3.5-1

$$\Delta C = F \times A$$

ΔC	=	variation du stock de COS pour l'année d'inventaire, en Mg de C
F	=	fluctuation annuelle moyenne du COS, ou coefficient de C, soumis à un changement d'aménagement (Mg C ha ⁻¹ an ⁻¹)
A	=	superficie touchée par le CAT, en ha

Les zones touchées par des CAT, comme les changements dans les méthodes de travail du sol, le type de culture et les jachères, proviennent du *Recensement de l'agriculture*. Les données du Recensement fournissent des éléments sur les changements nets de la superficie durant les périodes quinquennales du Recensement. Dans la pratique, les terres sont assujetties et soustraites à une pratique d'aménagement, et il se produit des combinaisons de changement d'aménagement. Toutefois, étant donné qu'on ne dispose que de données sur les changements nets, deux hypothèses sont formulées : l'additivité et la réversibilité des coefficients de COS. La réversibilité présume que le coefficient d'un CAT de A à B est l'opposé de celui d'un CAT de B à A. L'additivité présume que les fluctuations de C attribuables à chaque CAT qui survient sur la même parcelle de terrain sont indépendantes et par conséquent qu'elles s'additionnent. Cette hypothèse est corroborée par les constatations de McConkey et al. (2003), qui affirment que l'impact du travail du sol et de la rotation des cultures sur le COS est additif.

Il existe un ensemble relativement important d'observations canadiennes sur les fluctuations à long terme du COS attribuables au CAT, comme l'adoption de la CSL (VandenBygaart et al., 2003; Campbell et al., 2005; Liang et al., 2020). Cependant, même ce vaste ensemble de données ne couvre pas toute l'étendue géographique de l'agriculture canadienne. En outre, plusieurs difficultés surviennent lorsqu'il s'agit de comparer les mesures d'une station de recherche à l'autre, de déterminer la durée d'un effet, d'estimer le degré d'incertitude total à partir de l'éventail des conditions initiales du sol et de déterminer la variabilité des fluctuations du C en l'absence de CAT.

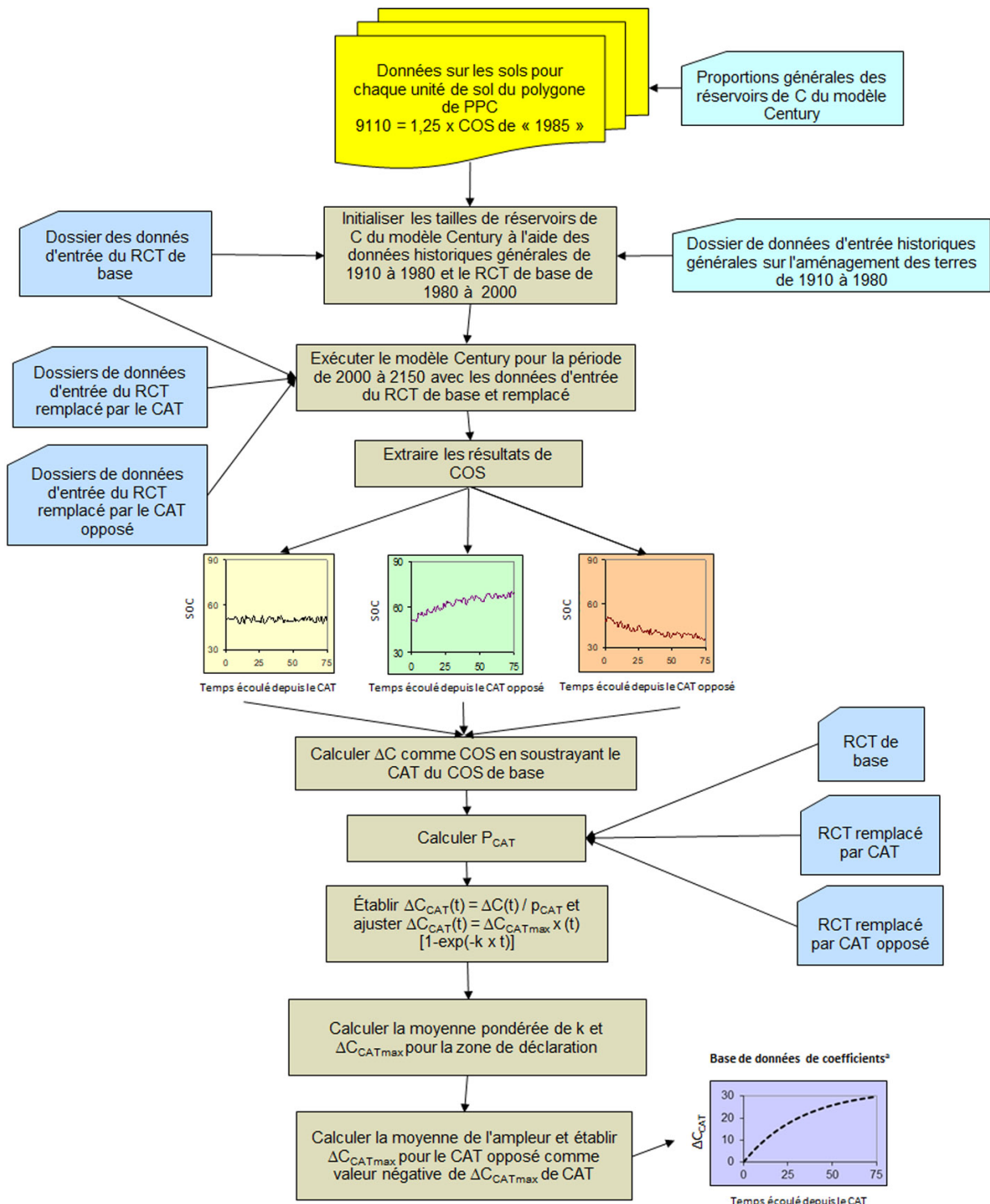
En raison de ces limites, un modèle bien étalonné et validé de la dynamique du C du sol, le modèle CENTURY (Parton et al., 1987, 1988) a été utilisé pour calculer les coefficients de C individuels pour les changements survenus entre la CSL et le TI, le TRS et le TI, le TRS et la CSL, les cultures annuelles et pérennes et la superficie des jachères. Le modèle CENTURY est largement utilisé pour simuler le changement de COS dans les conditions canadiennes (Voroney et Angers, 1995; Liang et al., 1996; Monreal et al., 1997; Campbell et al., 2000, 2005; Pennock et Frick, 2001; Carter et al., 2003; Bolinder, 2004).

Smith et al. (1997, 2000, 2001) ont conçu une approche fondée sur le modèle CENTURY pour estimer les fluctuations du COS dans les terres agricoles du Canada. L'estimation des fluctuations de C a nécessité l'établissement d'une description généralisée de l'affectation et de l'aménagement des terres cultivées à partir de 1910 pour un échantillon représentatif des types de sols et des conditions climatiques de tout le Canada. Ces scénarios ont été créés à partir d'une combinaison de connaissances d'experts et de statistiques agricoles sur l'aménagement des terres, notamment les types de cultures, les jachères et les engrais épanchés (Smith et al., 1997, 2000). Ils ont été utilisés pour les premières évaluations détaillées des fluctuations du COS des terres agricoles, dans le cadre d'une évaluation élargie de l'état de santé des sols (McCrae et al., 2000).

Les valeurs du COS dans la base de données des attributs des polygones PPC (Système d'information sur les sols du Canada, ou SISCan) ont servi de point de départ à l'élaboration des coefficients de C pour le travail du sol et les mélanges de cultures (Figure A3.5-9 et Figure A3.5-10). Les valeurs du COS proviennent des mesures prises dans le cadre de relevés pédologiques et d'études sur les ressources pédologiques (Tarnocai, 1997); elles sont présumées représenter la teneur moyenne en COS dans les terres cultivées en 1985. Le COS initial de 1910 a été établi à 1,25 fois le COS du polygone PPC correspondant aujourd'hui. Les coefficients de fluctuation du COS ont été estimés à partir de la différence dans les stocks de COS, d'après la simulation d'une affectation généralisée des terres et un scénario d'aménagement avec et sans le CAT d'intérêt (Smith et al., 2001).

Pour déterminer les coefficients en fonction de la superficie, on a établi un régime de culture et travail du sol sur 10 ans (RCT) pour chaque unité d'analyse et année de recensement, au moyen des données du *Recensement de l'agriculture*. Le RCT porte sur sept cultures ou types de cultures (céréales, oléagineux, légumineuses, luzerne, cultures racines et cultures pérennes) et trois méthodes de travail du sol (TI, TRS et CSL). Essentiellement, chaque RCT représente une combinaison spatiale de cultures et de pratiques de travail du sol sous la forme d'une combinaison temporelle de cultures et de pratiques de travail. Dans ce système, un polygone comptant 20 % de terres cultivées de céréales et 20 % de terres de CSL équivaut à 2 ans sur 10 de céréales et 2 ans sur 10 de CSL. Des séquences temporelles des pratiques culturales et de travail du sol sont établies à

Figure A3.5-9 **Méthode d'établissement des coefficients de carbone en fonction de la superficie pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt donné**

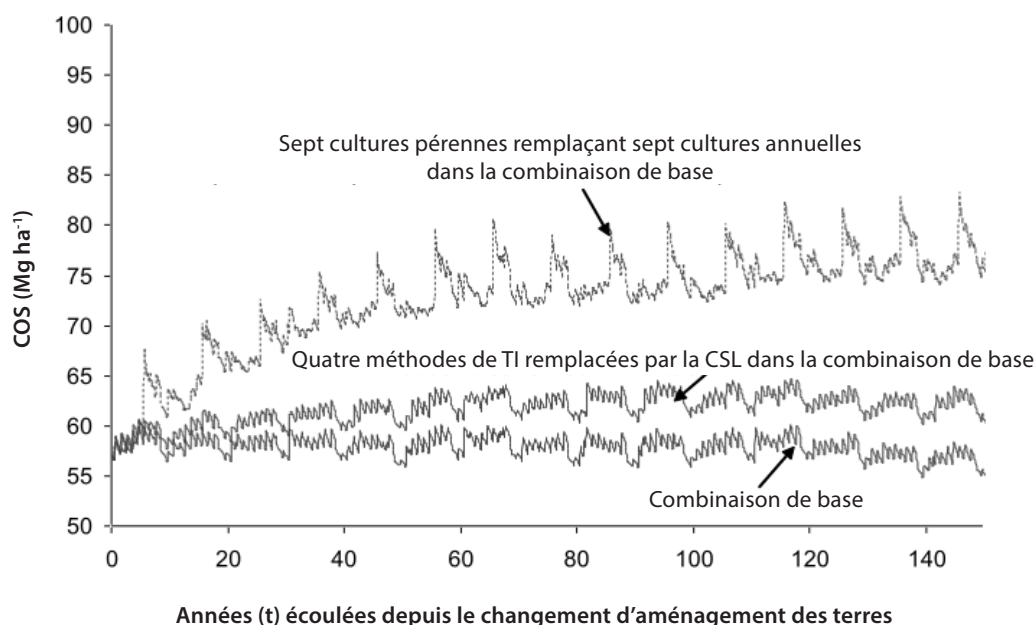


Notes :

a. Gain cumulatif de C en fonction du temps.

RCT = régime de culture et travail du sol

Figure A3.5–10 **Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture pérenne (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction du modèle CENTURY pour un loam de Lethbridge**



partir d'ensembles de règles définies par des experts, comme « une jachère ne suit jamais une jachère » et « la culture du maïs suit généralement celle du soja ». Ainsi, on arrive facilement à saisir dans le modèle CENTURY un RCT de base et des remplacements de CAT dans le RCT.

Le coefficient de fluctuation du COS a été choisi comme Coefficient = (C pour RCT avec CAT - C pour RCT de base) / [(fraction du RCT remplacé par le CAT) × (durée considérée)]. Si un régime d'aménagement des terres est défini comme une combinaison particulière de pratiques culturales et de travail du sol sur une superficie donnée, la variation du COS due à un CAT (ΔC_{CAT}) peut être estimée comme la différence du stock de COS entre deux régimes d'aménagement des terres, divisée par la proportion des terres qui subit un CAT.

Équation A3.5–2

$$\Delta C_{CAT}(t) = \frac{\Delta C}{P_{CAT}}$$

$\Delta C_{CAT}(t)$	=	fluctuation du COS entre les régimes d'aménagement des terres au cours de l'année t (Mg COS ha ⁻¹)
ΔC	=	fluctuation du COS sous réserve du CAT (Mg C)
P_{CAT}	=	proportion de la superficie soumise à un régime d'aménagement des terres donné qui subit le CAT, ha

Il est possible de calculer cette proportion (P_{CAT}) comme la proportion du système d'aménagement des terres en particulier dans le système de base moins la superficie sous le nouveau système d'aménagement des terres.

Équation A3.5–3

$$P_{CAT} = P_{ATbase} - P_{ATnouveau}$$

P_{CAT}	=	proportion de la superficie soumise à un régime d'aménagement des terres donné sous réserve du CAT
P_{ATbase}	=	fraction de l'aménagement de terres d'intérêt dans le régime d'aménagement des terres de base
$P_{ATnouveau}$	=	fraction de l'aménagement de terres d'intérêt dans le nouveau régime d'aménagement des terres

La Figure A3.5–10 donne un exemple de séquences d'utilisation du modèle CENTURY pour un loam de Lethbridge (tchernoziem brun foncé d'orthite) dans l'écozone de déclaration des prairies semi-arides. On a réalisé une séquence d'utilisation du modèle à l'aide d'une combinaison de base de 10 ans de cultures reposant sur le *Recensement de l'agriculture* de 1996 et les données météorologiques de 1951 à 2000. On a procédé à des simulations du COS avec le modèle CENTURY en remplaçant 7 des 10 cultures annuelles par des cultures pérennes dans la combinaison de base. Dans un essai distinct, 4 années de TI sur 10 dans la combinaison de base ont été remplacées par la CSL (Figure A3.5–10). L'étape suivante consiste à calculer la fonction $\Delta C_{CAT}(t)$ en soustrayant les valeurs simulées de COS pour la combinaison de base de celles imposées par le CAT d'intérêt (Équation A3.5–2). Enfin, on calcule la valeur de $\Delta C_{CAT}(t)$ qui correspond à la proportion de la superficie soumise au système cultural divisée par P_{CAT} . Dans le cas de la série chronologique de ΔC_{CAT} , les valeurs respectives de P_{CAT} pour la transition du TI à la CSL et l'ajout des cultures pérennes ont été de 4/10 et de 7/10 (Figure A3.5–11).

Comme on croit que la dynamique du COS est régie par une cinétique de premier ordre, les fluctuations du C peuvent s'exprimer comme suit :

Équation A3.5–4

$$\Delta C_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - \exp(-k \times t)]$$

$\Delta C_{CAT}(t)$	=	fluctuation du COS sous réserve du CAT au temps donné t, (Mg C ha ⁻¹)
ΔC_{CATmax}	=	fluctuation maximale du COS induite par le CAT (Mg C ha ⁻¹)
k	=	constante de taux, année ⁻¹
t	=	année après l'effet du CAT

Dans la pratique, les équations exponentielles sont rajustées statistiquement au moyen d'une méthode des moindres carrés. Les taux de variation au fil du temps, en Mg C ha⁻¹, ont été déterminés au moyen d'une transformation en logarithme naturel. Ils représentent les valeurs instantanées des facteurs liés au CAT. Comme l'estimation est fondée sur des variations annuelles, l'équation utilisée pour l'estimation du facteur de variation annuelle par rapport à l'année précédente (de l'an $t - 1$ à l'an t) est :

Équation A3.5–5

$$F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [\exp\{-k \times (t - 1)\} - \exp(-k \times t)]$$

$F_{CAT}(t)$	=	valeur instantanée du coefficient de C sous réserve du CAT à un temps « t » donné, Mg C ha ⁻¹ an ⁻¹
ΔC_{CATmax}	=	fluctuation maximale du COS induite par le CAT (Mg C ha ⁻¹)
k	=	constante de taux, année ⁻¹
t	=	année après l'effet du CAT

Comme on ne parvient jamais à un état d'équilibre parfait, l'équation exponentielle doit théoriquement s'appliquer pour toujours. Dans la pratique toutefois, l'équation exponentielle a été tronquée lorsque la valeur $F_{CAT}(t)$ a chuté à 25 kg C ha⁻¹ par an. Ce taux est inférieur à une limite de mesure pratique (Figure A3.5–12).

Figure A3.5-11 **Fluctuations du COS dans le cadre de simulations avec remplacements par rapport à des simulations de la combinaison de cultures de base**

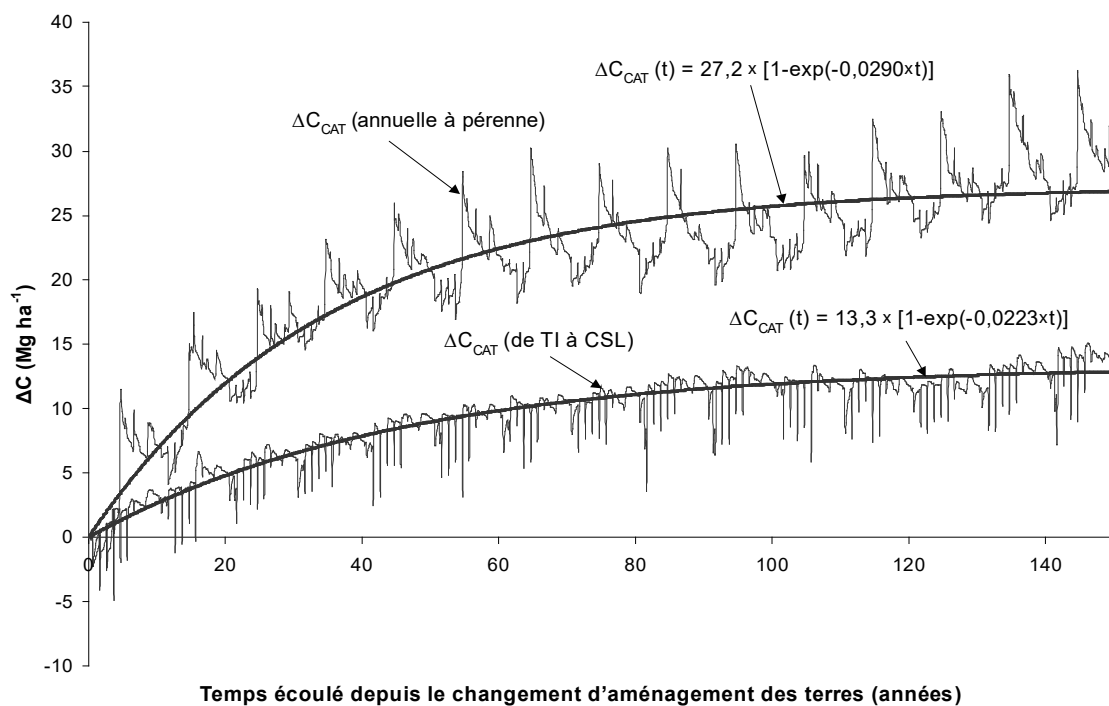
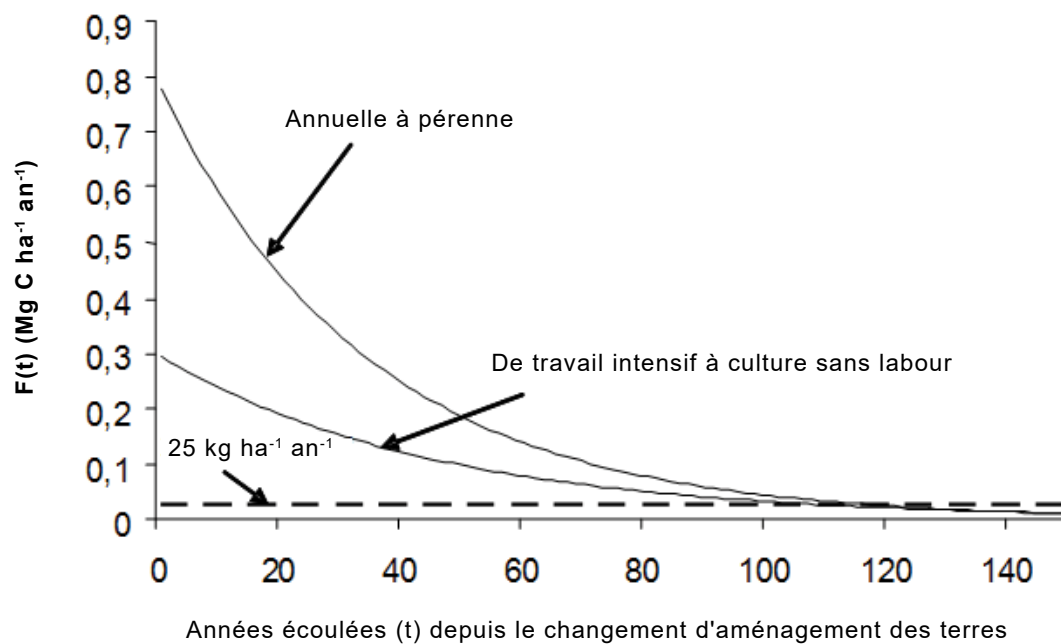


Figure A3.5-12 **Coefficients du carbone en fonction du temps**



Estimation des valeurs moyennes de k et de ΔC_{CATmax} aux fins des calculs des coefficients pratiques

Les paramètres ΔC_{CATmax} et k ont été calculés pour la totalité des 11 602 échantillons de sol de la base de données SISCan et pour trois CAT (changements quant aux pratiques de labour, aux pratiques de jachère et à la combinaison de cultures annuelles et pérennes). Ces échantillons de sol représentent un vaste éventail d'états initiaux du COS et de combinaisons de cultures de base et de volumes de remplacement. Les valeurs des paramètres ont été estimées pour chaque zone de déclaration comme étant la moyenne entre ces échantillons de sol, pondérée par la superficie des terres cultivées sur chaque échantillon. On a utilisé la moyenne géométrique pour k , étant donné que sa distribution est désaxée vers la droite. Ces moyennes ont été calculées pour trois classes générales de textures du sol (sablonneux, loameux et argileux) et appliquées à chaque échantillon de sol en fonction de sa classe de texture. À l'occasion, des valeurs de k inférieures à 0 ont résulté de l'ajustement par rapport à la valeur ΔC_{CAT} ; les valeurs de k et de ΔC_{CATmax} résultant de ces rajustements ont été exclues des moyennes des zones de déclaration.

En général, on peut s'attendre à ce que les déperditions de COS à la suite d'un CAT soient supérieures aux gains de COS après un CAT inverse. Toutefois, cet effet dépend dans une large mesure de la quantité relative de COS au moment du CAT. Pour le moment, il est impossible de documenter le niveau de COS correspondant à chaque CAT. Par conséquent, par souci de transparence et de simplicité, on tient pour acquis que les coefficients sont réversibles. La réversibilité présuppose donc que l'effet d'un CAT sur le COS dans un sens est exactement l'inverse de l'effet de la même pratique dans le sens opposé.

Validation des coefficients associés au carbone du sol en fonction de la superficie – Travail du sol et mélanges de cultures

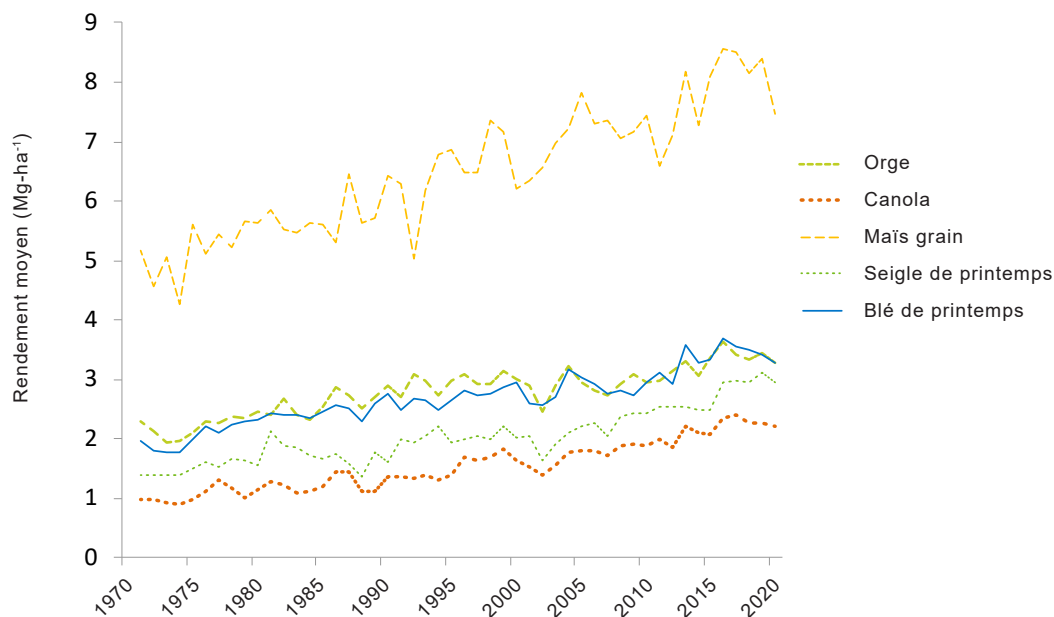
On a comparé les coefficients d'évolution du COS applicables aux CAT utilisés dans l'inventaire aux coefficients empiriques que donnent VandenBygaart et al. (2008). Cette comparaison a révélé que les données empiriques comparant les fluctuations du COS entre le TI et la CSL étaient très variables, notamment pour l'est du Canada. Néanmoins, les facteurs modélisés demeuraient dans la plage calculée des données empiriques. Le coefficient TI-CSL moyen calculé à partir des expériences menées dans la région des Prairies subhumides était plus de quatre fois supérieur à celui des Prairies semi-arides. Le coefficient moyen calculé par le modèle CENTURY pour la région des Prairies semi-arides était sensiblement le même que celui tiré des expériences sur le terrain. Toutefois, le coefficient TI-CSL issu du modèle CENTURY pour la zone de déclaration des Prairies subhumides était inférieur d'environ 30 % au coefficient calculé dans des expériences sur le terrain.

Le coefficient empirique moyen associé au passage de cultures annuelles aux cultures pérennes, était de 0,59 Mg C ha⁻¹ par an, ce qui se compare favorablement à la plage de 0,46 à 0,56 Mg COS ha⁻¹ an⁻¹ des facteurs modélisés dans les zones des forêts parcs, des Prairies semi-arides et de l'Ouest (Tableau 6.5–4). Dans l'est du pays, il n'existait que deux facteurs de fluctuation empiriques dans la zone de déclaration Centre Est, mais ils semblaient correspondre aux valeurs modélisées (valeurs empiriques : 0,60-1,07 Mg COS ha⁻¹ an⁻¹; valeurs modélisées : 0,74-0,77 Mg C ha⁻¹ an⁻¹).

Estimation des changements des stocks de carbone du sol

Le rendement des céréales des principales grandes cultures au Canada a diminué de façon constante depuis 1970 (Figure A3.5–13). L'estimation juste de la productivité des cultures et la quantification de l'apport de C par les résidus de cultures au stockage du COS à l'échelle régionale ou nationale au fil du temps repose sur le recours aux données spatio-temporelles d'apport de C. Pour estimer la productivité des cultures et l'apport de C par les résidus de cultures, il faut connaître la productivité primaire nette (PPN) et la proportion de PPN retournée au sol (Bolinder et al., 2007). La PPN, mesurée en tant que biomasse végétale aérienne et souterraine, est déterminée à l'aide des données sur le rendement des cultures. Fan et al. (2017) ont analysé le rendement des cultures et l'indice de récolte de 11 cultures d'importance, d'après des études sur le terrain réalisées dans des régions tempérées, et ont dégagé d'importantes relations linéaires entre l'indice de récolte et le rendement des cultures pour ce qui est du blé, du maïs, de l'avoine, de l'orge, des pois, des pois chiches, des lentilles, du soja, du canola et du lin ($r^2 = 0,19$ à $0,65$). Ces relations entre l'indice de récolte et le rendement des cultures ont ensuite servi à estimer les apports des résidus de cultures. En ce qui concerne d'autres cultures, le C des résidus de cultures est estimé à l'aide des ratios d'affectation relatifs aux grains, à la paille et aux racines de Janzen et al. (2003). L'estimation de la fluctuation du C dans le sol en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de C des résidus de cultures concorde parfaitement avec les estimations d'azote (N) des résidus de culture qui entraînent des émissions de N₂O des sols (voir l'Annexe A3.4.5).

Figure A3.5-13 Rendements moyens des principales grandes cultures au Canada de 1970 à 2020



Note :

Source des données : Statistique Canada, 2020, tableau 32-10-0359-01

On estime l'apport de C des résidus de cultures à l'aide du rendement annuel des cultures et en tenant compte de l'élimination des résidus de cultures par incinération dans les champs et mise en balles, par grande culture, comme suit :

Équation A3.5-6

$$CRC_i = \sum (CRC_{A_{TC,i}} + CRC_{ST_{TC,i}}) / T_{Superf_i}$$

CRC_i	=	apport de C des résidus de cultures, estimé pour toutes les cultures annuelles de l'écodistrict i , de 1976 à 2020, $Mg\ C\ ha^{-1}\ an^{-1}$
$CRC_{A_{TC,i}}$	=	apport de C du total des résidus de cultures aériens (A) par type de culture (TC), dans l'écodistrict i , $Mg\ C$
$CRC_{ST_{TC,i}}$	=	total below-ground (BGR) crop residue C from TC in ecodistrict i , $Mg\ C$
T_{Superf_i}	=	total area of annual crops, including summerfallow, in ecodistrict i , ha

Pour les principales grandes cultures, on estime l'indice de récolte à l'aide d'une relation linéaire et du rendement grainier rapporté par Fan et al. (2017).

Équation A3.5-7

$$IR_{TC} = REND_{TC,i} \times \left(1 - \frac{MC_{TC}}{100}\right) \times PENTE_{TC} + INTERCEPT_{TC}$$

IR_{TC}	=	indice de récolte pour le type de culture (TC), %
$REND_{TC,i}$	=	rendement en grains pour le TC dans un écodistrict i , $Mg\ ha^{-1}$
TH_{TC}	=	taux d'humidité du rendement en grains pour le TC, %
$PENTE_{TC}$	=	coefficient de régression linéaire pour le TC, précisé dans Fan et al. (2017)
$INTERCEPT_{TC}$	=	interception pour le TC, précisé dans Fan et al. (2017)

La proportion de matière sèche des résidus aériens et des racines pour les principales grandes cultures est estimée à l'aide de l'indice de récolte et du rapport racines/parties aériennes (Fan et al., 2017). Pour les grandes cultures mineures, on calcule la répartition de la matière sèche de la culture entre les grains, les résidus de la partie aérienne et des racines à l'aide de la méthode proposée par Janzen et al. (2003).

Équation A3.5–8

$$CRC_AGR_{TC,i} = \left[\left\{ \sum PROD_{TC,i} \times \frac{PROD_{p,TC}}{\sum_{TC} (REND_{TC,i} \times SUPERF_{TC,i})} \right\} \times \left(1 - \frac{TH_{TC}}{100} \right) \times \frac{100}{ir_{TC,i}} \right. \\ \left. \times \{ 1 - (BALLE_{TC} \times 0.5 + BR\hat{U}L_{TC}) \} \right] \times 0.45$$

$$CRC_BGR_{TC,i} = \left[\left\{ \sum PROD_{TC,i} \times \frac{PROD_{p,TC}}{\sum_{TC} (REND_{TC,i} \times SUPERF_{TC,i})} \right\} \times \left(1 - \frac{TH_{TC}}{100} \right) \times \frac{100}{IR_{TC,i}} \times RRR_{TC} \right] \times 0.45$$

$CRC_AGR_{TC,i}$	=	teneur en C des résidus de culture de la partie aérienne pour le type de culture (TC) dans un écodistrict i, Mg C
$PROD_{TC,i}$	=	production totale de grains pour le TC dans un écodistrict i, Mg
$PROD_{p,TC}$	=	production totale de grains pour le TC dans une province p, Mg
$\sum_{TC} (REND_{TC,i} \times SUPERF_{TC,i})$	=	production de grains estimée à l'aide du rendement moyen et de la superficie ensemencée pour le TC dans un écodistrict i, Mg
TH_{TC}	=	taux d'humidité des grains pour le TC, %
$IR_{TC,i}$	=	indice de récolte pour le TC dans un écodistrict i, %
$BALLE_{TC}$	=	résidus de culture mise en balles pour le TC en supposant une efficacité de mise en balles de 50 %, fraction
$BR\hat{U}L_{TC}$	=	brûlage des résidus de culture pour le TC, fraction
RRR_{TC}	=	Rapport racines sur résidus de culture des parties aériennes pour le TC, fraction
0,45	=	fraction de C dans les résidus de culture

Coefficients de changement du COS

La Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019) fournit une méthode de niveau 2 à l'équilibre pour estimer la fluctuation du COS selon la productivité des cultures dans les terres de la sous-catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (GIEC, 2019). Cette méthode tient compte de trois réservoirs conceptuels de C (actifs, lents et passifs) dans les 30 premiers centimètres de la couche superficielle du sol. La décomposition est déterminée par le taux de décomposition qui varie en fonction de la température et de l'humidité du sol. La texture du sol et les pratiques de travail du sol modifient la décomposition des réservoirs actifs et lents de C. Ogle et al. (2012) présentent davantage de précisions sur ce modèle. La méthode de niveau 2 du modèle à l'équilibre nécessite la teneur en lignine et en N des apports de C (GIEC, 2019). On utilise le modèle en faisant d'abord appel aux apports de C sur dix ans, comme recommandé dans la Révision des Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2019). Les valeurs moyennes initiales des réservoirs de C dans le sol pour l'initialisation du modèle ont été extraites de la Base nationale de données sur les sols⁹ (BNDS, version 3.2) pour la principale série de sols de chaque catégorie de texture par écodistrict. La Figure A3.5–14 présente le schéma des procédures d'estimation du C dans le sol en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de C par les résidus de cultures.

On a appliqué la méthode de niveau 2 du modèle à l'équilibre du GIEC pour les sols canadiens, pour calculer un facteur estimant la fluctuation du C du sol associé à la productivité des cultures. On calcule la fluctuation du COS en appliquant le facteur ΔCOS pondéré par la proportion de chaque catégorie de texture par écodistrict sur la superficie totale pour chacune des années consécutives de 1976 à l'année d'inventaire en cours. On a combiné ces valeurs estimatives aux facteurs CAT pour le travail du sol et les mélanges des cultures annuelles et pérennes. On obtient ensuite la valeur totale de la fluctuation du C d'un écodistrict en additionnant les valeurs de fluctuation du COS de toutes les catégories de texture dans l'écodistrict (Équation A3.5–9).

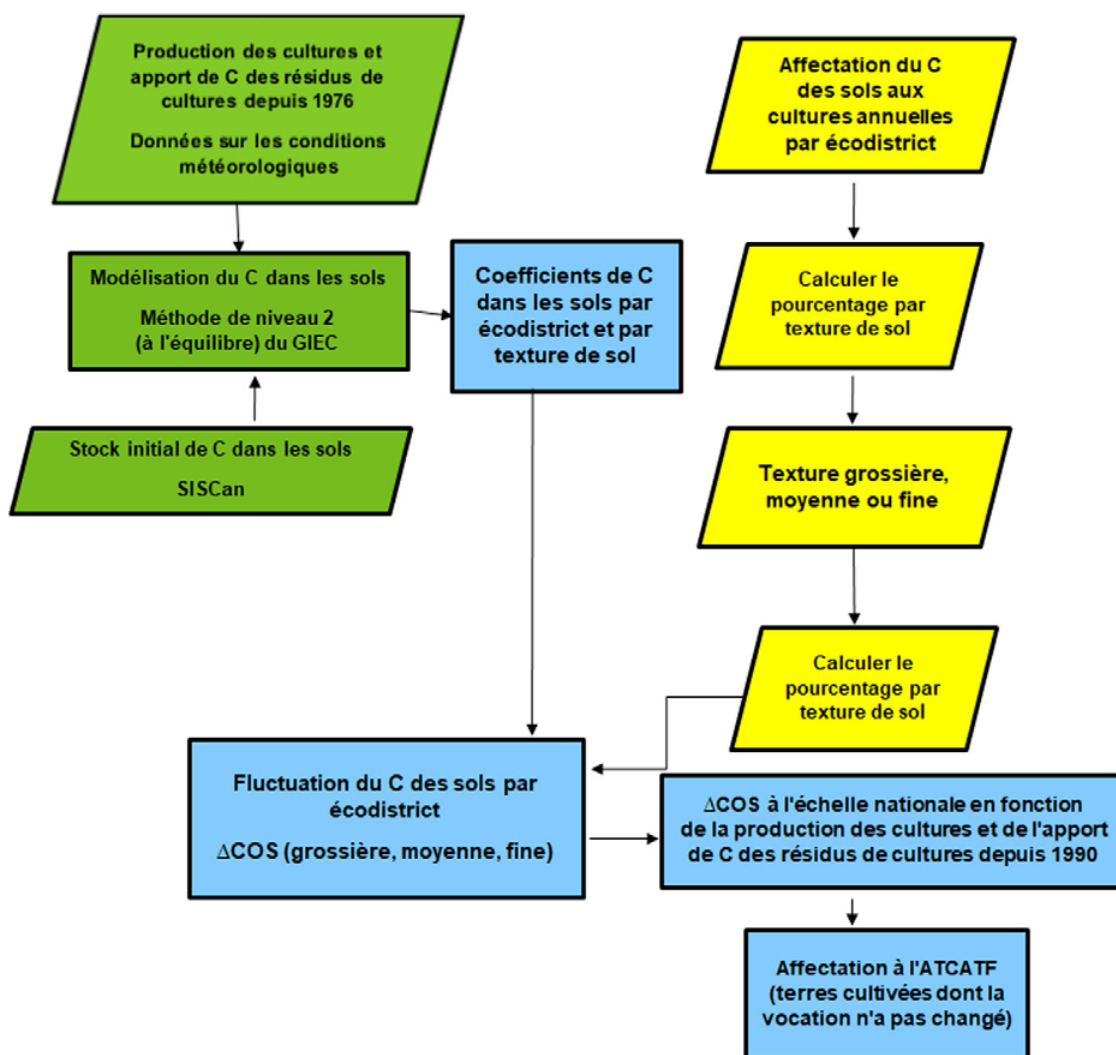
9 Disponible en ligne à l'adresse : <https://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/index.html>

$$\Delta COS_{t,i} = \sum \{ (COS_{t,TX,i} - COS_{t-1,TX,i}) \times FT_{t,TX,i} \} \times T_SUPERF_{t,i}$$

$\Delta COS_{t,i}$	=	Fluctuation du carbone organique du sol (COS) dans un écodistrict i, pour l'année t, Mg C
$COS_{t,TX,i}$	=	Réservoir de COS associé à une catégorie de texture du sol (TX) pour l'année t et l'écodistrict i, Mg C ha ⁻¹
$COS_{t-1,TX,i}$	=	Réservoir de COS associé à une TX pour l'année t-1 et l'écodistrict i, Mg C ha ⁻¹
$FT_{t,TX,i}$	=	Fraction de chaque texture de sol (TX; grossière, moyenne et fine), pour un écodistrict i et une année t, fraction
$T_SUPERF_{t,i}$	=	Superficie totale des cultures annuelles, y compris des jachères, pour un écodistrict i et une année t, ha

Étant donné l'incertitude quant à la valeur réelle des stocks de C et afin de maintenir une cohérence avec les autres facteurs relatifs au C, la méthode ne donne que la variation du C depuis 1990, conformément à la méthode de calcul par facteur en fonction de la superficie. Les années 1976 à 1989 sont considérées comme les années de référence. On ajoute ensuite la valeur de la fluctuation moyenne des stocks de C découlant de la variation de la productivité des cultures (ΔC_{PC}) pour la période de référence aux valeurs de ΔC_{CAT} .

Figure A3.5-14 Représentation des procédures pour l'estimation de la fluctuation du carbone organique dans le sol en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de carbone par les résidus de cultures



Épandage de fumier

L'épandage de fumier sur les sols agricoles peut augmenter le stockage de COS, surtout lorsque les fumiers sont appliqués aux sols utilisés pour la production annuelle de cultures. Le facteur de rétention du C des fumiers (RCF) représente la fraction moyenne de l'apport de C provenant de différents fumiers qui est retenu dans le sol. Ce facteur a été établi en se fondant sur des mesures prises dans plusieurs études à long terme. On propose une méthode propre au pays faisant appel aux valeurs de RCFs pour estimer la variation du puits de C dans le sol par suite d'un épandage de fumiers sur les sols agricoles au Canada. On a retenu huit études sur le terrain et utilisé divers types de fumiers et taux d'application sur différentes pratiques de rotation des cultures, de durées variant de 10 à 74 ans, pour quantifier les valeurs de RCF dans différentes conditions climatiques au Canada. La valeur de RCF des fumiers solides de bovins et de porcs était de 26 %, tandis que celle des fumiers liquides, y compris ceux des bovins et des porcs, était beaucoup plus faible, à seulement 5 %. Par comparaison avec les fumiers en amas, la RCF des fumiers compostés est plus élevée (36 %) en raison de la stabilisation additionnelle du C lors du compostage (Liang et al., 2021). Grâce à chacune des RCF pour les différents types de fumiers, on obtient une méthode de quantification robuste des fluctuations dans le stockage du C dans le sol dues à l'épandage de fumiers, à échelle régionale ou nationale. D'après l'étude de Liang et al. (2021) cette méthode est jugée plus précise pour les conditions canadiennes que les coefficients de rapports par défaut du GIEC, qui reposent sur une mesure qualitative de l'« apport des fumiers » (GIEC, 2006).

Parmi les autres variables requises pour estimer le stockage du C dans le sol découlant de l'épandage de fumiers, notons les populations d'animaux d'élevage, l'excrétion de N dans les fumiers et la perte du N des fumiers lors du stockage et de la manutention (volatilisation de l'ammoniac et lessivage du N). Ces données concordent avec les données utilisées pour l'estimation des émissions déclarées dans les catégories Fermentation entérique et Gestion des fumiers du secteur Agriculture (voir l'Annexe A3.4). On a estimé les quantités de C dans le fumier à l'aide des rapports C:N compilés au moyen des données de la revue de littérature (Tableau A6.5–5).

Équation A3.5–10

$$\Delta C_{FumierC} = \sum (N_{fumier_{T,SGDA,i}} \times CN_{T,SGDA,i}) \times MCR_{T,SGDA}$$

$\Delta C_{FumierC}$	=	Quantité gagnée de C dans le sol par l'épandage de fumier, kg C ha ⁻¹ an ⁻¹
$N_{fumier_{T,SGDA,i}}$	=	Quantité de N du fumier épandu dans un écodistrict i, par type d'animal d'élevage (T) et système de gestion des déchets animaux (SGDA) sur les cultures annuelles, kg N ha ⁻¹ an ⁻¹
$CN_{T,SGDA,i}$	=	Rapport C:N dans le fumier épandu par T et SGDA, sans unité, précisé dans le Tableau A6.5 –5
$RCF_{T,SGDA}$	=	Rétention du C des fumiers par T et SGDA, fraction, précisée dans Liang et al. (2021)

Estimations de la fluctuation des stocks de carbone dans le sol

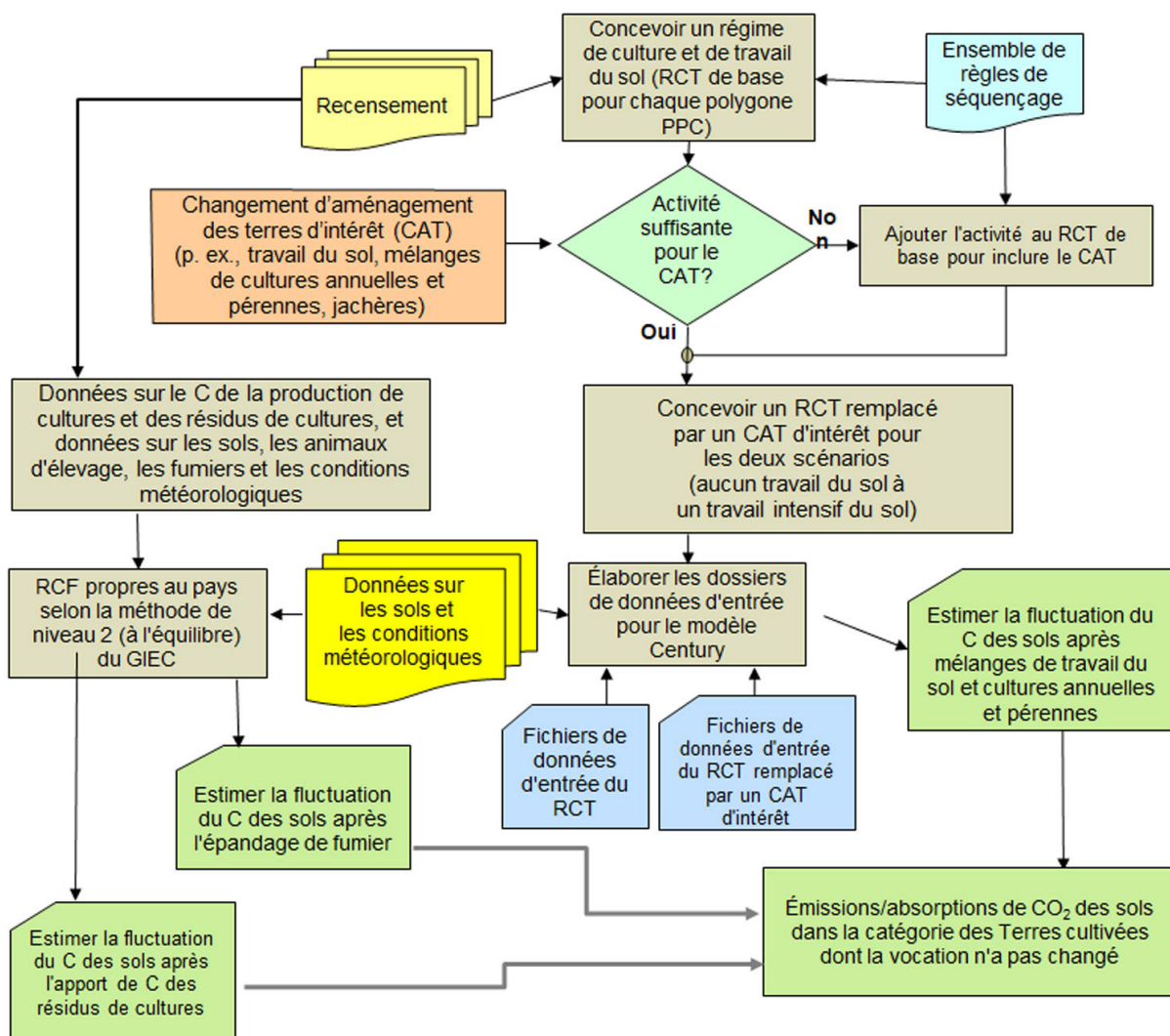
Les fluctuations du C du sol résultant d'un CAT ont été déclarées pour toutes les années d'inventaire depuis 1990. Comme l'effet d'un CAT diminue avec le temps, la période durant laquelle le changement est censé être survenu est attribuée à chaque CAT. Le coefficient de variation du C a été multiplié par la superficie qui a subi le CAT. La somme de la valeur résultante pour chaque composante du sol donne une estimation des changements de COS pour le polygone des PPC. Le polygone des PPC est la plus petite unité géoréférencée des stocks de C organique des sols et des variations des stocks de C, calculée selon une méthode de niveau 2 du GIEC comme suit :

Équation A3.5–11

$$\Delta C_{CAT} = \sum_{1990-n} \sum_{TOUS \text{ Écodistricts}} (\Delta C_{TRAVAIL} + \Delta C_{PC} + \Delta C_{CULTURE} + \Delta C_{cfumier})$$

ΔC_{CAT}	=	fluctuation des stocks de COS attribuable au CAT d'une année donnée après 1990 jusqu'à l'année n (dernière année d'inventaire)
$TOUS \text{ Écodistricts}$	=	tous les écodistricts comprenant des terres soumises à des pratiques d'aménagement des terres cultivées
$\Delta C_{TRAVAIL}$	=	fluctuation des stocks de COS attribuable à un changement des méthodes de travail du sol dans chaque écodistrict, étant donné que chaque pratique de travail du sol change
ΔC_{PC}	=	fluctuation des stocks de C attribuable à la variation du C relatif à la productivité des cultures et aux résidus de culture dans chaque PPC
$\Delta C_{CULTURE}$	=	fluctuation des stocks de carbone attribuable au remplacement par des cultures annuelles et pérennes dans chaque écodistrict
$\Delta C_{cfumier}$	=	fluctuation des stocks de carbone attribuable au changement relatif à l'épandage de fumier dans chaque écodistrict

Figure A3.5–15 **Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres en fonction de la superficie et de l'apport de carbone pour estimer la fluctuation du carbone au Canada**



Note :
RCF = rétention du C par le fumier

Sources de données

Pour estimer les fluctuations des stocks de C, on utilise les coefficients de C et une série chronologique de données de gestion des terres tirée du *Recensement de l'agriculture*. Deux types de données servent à calculer les coefficients de C (modélisation) et à établir les estimations réelles des variations des stocks de C au sol. Parmi les principales données qui servent à la modélisation des coefficients de C figurent les renseignements tirés de la base de données sur les PPC, les données sur les systèmes de culture et de labour tirés du *Recensement de l'agriculture*, les rendements des cultures, les données climatiques et les données sur les activités provenant d'autres relevés et bases de données. Les principales données utilisées pour estimer les variations annuelles de stocks de C au sol sont les données sur les pratiques d'aménagement des terres du *Recensement de l'agriculture*.

Informations sur les terres et activités

Les PPC sont une base de données spatiales à l'échelle nationale qui décrit les types de sols associés à la topographie et présentés comme polygones à une échelle de représentation de 1:1 million¹⁰. Les PPC ont été retenus pour le secteur ATCATF en raison de sa portée nationale et de sa structure normalisée qui font que toutes les régions du pays sont traitées de manière uniforme pour ce qui est des procédures d'évaluation de l'inventaire. La version actuelle des PPC dans les banques de données de la Base nationale de données sur les sols est la version 3.2. Dans cette version, la couverture des renseignements sur les caractéristiques du sol est principalement restreinte aux régions agricoles du Canada. Dans les cas où la cartographie des terres agricoles n'est pas couverte par la version 3.2 des PPC, les renseignements sur les caractéristiques du sol sont tirés de la version 2.2 des PPC, laquelle est plus ancienne, mais couvre l'ensemble des sols du Canada. Tous les polygones des PPC sont emboîtés dans le Cadre écologique national pour le Canada de 1995, ce qui permet d'augmenter ou de réduire l'échelle des données et des estimations selon les besoins.

Dans toutes les provinces situées de l'écoumène agricole du Canada, on a utilisé les données détaillées des relevés pédologiques, à des échelles de carte supérieures à 1:1 million, pour délimiter les polygones des PPC et constituer les fichiers des bases de données connexes. Les tableaux de composantes, de noms de sol et de couches de sol des PPC ont fourni des données d'entrée spécifiques, telles que la teneur en C du sol, la texture du sol, le pH, la densité apparente et les propriétés hydrauliques du sol, requises pour modéliser les coefficients de C avec le modèle CENTURY. Les polygones des PPC sont le fondement spatial qui permet d'attribuer des pratiques d'aménagement des terres. Le *Recensement de l'agriculture* contient des renseignements sur les pratiques de travail du sol et les systèmes culturaux, de même que des estimations sur la superficie des Terres forestières et des Prairies converties en terres cultivées, à des coefficients de C modélisés. Les superficies estimées pour les terres cultivées et les autres utilisations des terres dans chaque polygone des PPC ont été obtenues à partir de cartes fondées sur l'OT pour 1990, 2000, 2005, 2010 et 2015.

Unités analytiques

On dénombre 3 475 polygones des PPC où sont menées des activités agricoles. Étant donné que les polygones des PPC comportent plusieurs éléments des pédopaysages, la résolution spatiale la plus fine pour l'analyse des activités agricoles dans les polygones des PPC comprend 13 771 combinaisons uniques de sols, de formes de relief et d'inclinaisons de pente. Ces combinaisons uniques représentent les unités analytiques de base. L'emplacement des types de gestion des terres et des composantes des sols n'est pas spatialement explicite, mais renvoie plutôt spatialement aux polygones des PPC.

On a élaboré une procédure permettant d'attribuer les activités agricoles aux polygones des PPC en tenant compte du caractère approprié de chacune des composantes d'un polygone de sol. Les composantes des sols ont différentes propriétés intrinsèques qui font en sorte qu'elles sont plus ou moins susceptibles d'être utilisées pour des types d'activités agricoles spécifiques. Chaque composante d'un sol dans le fichier des attributs des PPC a une cote de probabilité élevée, modérée ou faible de porter des cultures agricoles annuelles. De cette façon, les composantes agricoles annuelles sont liées à ces sols avec une cote de probabilité élevée. Si la superficie à laquelle il est possible d'attribuer une cote élevée de probabilité de porter des cultures agricoles annuelles est insuffisante, les cultures agricoles annuelles restantes seront attribuées à des composantes agricoles annuelles présentant une probabilité modérée de porter des cultures agricoles annuelles et, au besoin, à des composantes assorties d'une cote faible. Après avoir attribué la superficie des cultures agricoles annuelles, on a lié la superficie plantée de plantes fourragères pérennes et de pâturages ensemencés aux composantes résiduelles de la même façon, en commençant par les composantes les plus susceptibles de porter des cultures annuelles et en terminant par les moins susceptibles de porter des cultures annuelles.

Rendement des cultures

Le rendement des cultures à l'échelle des écodistricts a été calculé à partir des enquêtes annuelles menées par Statistique Canada. Ces enquêtes, auxquelles ont participé pas moins de 31 000 agriculteurs, sont stratifiées par région et servent à établir des estimations de la superficie, du rendement, de la production et des stocks des principaux produits de grande culture cultivés au Canada. Plusieurs documents sont publiés par Statistique Canada à des moments stratégiques de la campagne agricole. Les rendements et les niveaux de production par province sont estimés à deux reprises : une première fois en juillet, selon les attentes à la fin de la récolte, et une deuxième fois en novembre, après la récolte. Les données sont diffusées à l'échelle des régions (données régionales) et font état des rendements des cultures d'environ 70 unités spatiales au pays. Les limites de ces régions ont été superposées aux limites des PPC dans un SIG, et une valeur de rendement de chaque culture dans chaque polygone des sols est attribuée selon la règle de la proportion majoritaire. Les données utilisées pour étalonner le sous-modèle de croissance des cultures englobent les données sur le rendement de 1975 à 2004 pour le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le soja, les pommes de terre et le canola. Les données employées pour la modélisation de l'apport de C dans les cultures englobaient toutes les données sur le rendement des cultures depuis 1976. Dans les

¹⁰ Disponible sur Internet à l'adresse : <http://sis.agr.gc.ca/siscan/>

cas où aucune donnée n'existait sur le rendement des cultures à l'échelle régionale (données régionales), les statistiques provinciales ont été utilisées. Ces valeurs rendements ont servi à étalonner le sous-modèle de croissance des cultures CENTURY pour obtenir les facteurs fondés sur la superficie.

La quantité de C des résidus de cultures qui est retournée au sol à l'échelle d'un écodistrict depuis 1976 a été déterminée chaque année à l'aide de la production des cultures (Statistique Canada, 2020). Les données sur la mise en balles des résidus de cultures de différentes grandes cultures sont recueillies par Statistique Canada au moyen de l'enquête sur la gestion des fermes (EGF). Il existe également des données sur le brûlage des résidus de cultures (voir l'Annexe 3.4.7). L'apport de C des résidus de cultures concorde avec les calculs des résidus de cultures utilisés dans le calcul des émissions de N₂O dans le chapitre 5, Sols agricoles.

Données climatiques

La base de données d'AAC comprend 958 stations météorologiques. Les normales à long terme des températures mensuelles maximales et minimales (T, en °C) et des précipitations (en mm) de 1951 à 2000, pour tous les écodistricts, ont servi à déterminer par modélisation les facteurs de C en fonction de la superficie. En ce qui concerne les modèles fondés sur l'apport, on a utilisé la base de données météorologiques d'ECCC (1981 à 2010) pour assurer la concordance avec les paramètres du climat employés dans la méthode d'estimation du N. L'application de la méthode de niveau 2 du GIEC nécessite en outre les données Tmax, Tmin, Tmoy, précipitations et évapotranspiration potentielle. Les données météorologiques archivées d'AAC ont été fournies par le Service météorologique du Canada d'ECCC.

Observation de la terre et Recensement de l'agriculture

Les données sur les activités pour l'estimation des stocks de C dans les Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé sont principalement une combinaison de données provenant du *Recensement de l'agriculture* et d'estimations de superficie fondées sur des analyses des observations de la Terre (OT). Le *Recensement de l'agriculture* est mené tous les cinq ans pour élaborer un portrait statistique des exploitations et des exploitants agricoles du Canada. Pour des raisons de confidentialité, le plus petit secteur (on en compte environ 52 000 au Canada) pour lequel Statistique Canada est prêt à divulguer à l'externe des données du *Recensement de l'agriculture* est le secteur de diffusion/dénombrement. Pour fournir une base biophysique à la modélisation, des données à ce niveau ont été attribuées aux polygones des PPC (McConkey et al., 2007a).

Des données cartographiques fondées sur les observations de la Terre ont servi à fournir des estimations des superficies pour toutes les pratiques d'utilisation des terres à l'intérieur de chacun des polygones des PPC agricoles du Canada. Les données d'OT ont servi à établir des cartes d'utilisation des terres pour les années 1990, 2000, 2005, 2010 et 2015 (Huffman et al., 2015a; AAC, 2021). En utilisant les polygones des PPC comme niveau de stratification spatiale, des données ont été compilées dans sept catégories principales de couverture terrestre : terres cultivées, prairies, terres forestières, établissements, terres humides, plans d'eau et autres terres. De 1990 à l'année d'inventaire la plus récente, des estimations annuelles des superficies d'utilisation des terres ont été obtenues par interpolation entre les années d'observations terrestres et par extrapolation pour les années après la dernière année observée. Les estimations d'utilisation des terres agricoles avant 1990 sont fondées sur les données du *Recensement de l'agriculture* et sur l'évolution relative des superficies de terres cultivées et de prairies entre les périodes de recensement. Les estimations d'utilisation des terres pour 1981 ont été produites en calculant l'évolution relative de l'utilisation des terres agricoles à l'aide de données provenant des recensements de 1991 et 1981 et en appliquant les résultats aux données d'OT de 1990. Ensuite, en remontant progressivement les périodes entre les années de recensement, les changements relatifs ont servi à établir des estimations de l'utilisation des terres agricoles jusqu'en 1951. Afin de minimiser la variabilité spatiale associée aux difficultés connues liées à la déclaration des superficies d'utilisation des terres en fonction de l'emplacement principal de l'exploitation agricole, l'évolution relative de l'utilisation des terres à l'échelle spatiale de l'écodistrict a été calculée à l'échelle de l'écodistrict, et les résultats ont été appliqués à tous les polygones des PPC imbriqués.

Les attributs des terres cultivées d'après les OT ont été estimés en prenant en compte le rapport entre les attributs de la superficie des terres cultivées et la superficie totale des terres cultivées figurant dans le *Recensement de l'agriculture*. De plus, afin de réduire l'écart entre les estimations de la superficie des terres cultivées provinciales fondées sur les observations de la Terre et celles fondées sur les données du recensement, on a fait concorder les catégories de Terres cultivées d'après les observations de la Terre (c'est-à-dire les terres cultivées, les pâturages, les vergers et les vignobles) à l'aide de facteurs d'échelle provinciale. Ces rapprochements ont été limités par la superficie totale des terres agricoles dans les polygones, selon l'interprétation de l'analyse des données d'OT. Les données sur les pratiques de travail du sol sont extraites du *Recensement de l'agriculture* selon les catégories suivantes : TI – travail qui incorpore la majeure partie des débris végétaux dans le sol, TRS – travail qui maintient la majeure partie des débris végétaux à la surface du sol, et CSL – culture sans labour ou semis direct. Pour ce qui est des jachères, les catégories sont les suivantes : CSL – superficie sur laquelle des produits chimiques ont été exclusivement utilisés pour lutter contre les mauvaises herbes; TI – superficie sur laquelle on a uniquement travaillé le sol; TRS – superficie sur laquelle on a utilisé une combinaison de travail et de produits chimiques. Des précisions sur la méthode de production de données sur les activités agricoles d'après les observations terrestres sont fournies dans Cerkowniak (2019).

Degré d'incertitude

Pour établir les degrés d'incertitude associés à l'estimation des émissions et des absorptions de CO₂, il faut d'abord estimer l'incertitude reliée à la superficie des CAT et les coefficients de C associés aux changements entre le travail du sol et les cultures annuelles et pérennes (McConkey et al., 2007b). Le degré d'incertitude tel qu'il est décrit dans ce rapport est fondé sur les méthodes suivies pour le rapport de 2014 et n'a pas encore été mis à jour en fonction des nouvelles méthodes d'OT.

On a déterminé le degré de l'incertitude relative à la superficie du changement à l'échelle des écodistricts. La superficie moyenne de terres agricoles par écodistrict est d'environ 140 kha, ce qui est assez pour qu'on puisse considérer la superficie de chaque pratique d'aménagement indépendamment de la superficie de la même pratique dans les autres écodistricts, y compris les écodistricts attenants. On suppose que les erreurs dans la superficie des pratiques d'aménagement de chaque écodistrict représentent une incertitude inhérente, aucunement touchée par le degré d'incertitude associé à la même pratique dans les autres écodistricts. En outre, chaque écodistrict est assez vaste pour qu'on puisse présumer que la déclaration d'une activité nulle signifie que cette activité n'a pas cours dans l'écodistrict. En conséquence, le degré d'incertitude associé à une superficie peut être plus adapté à un écodistrict qu'à un polygone des PPC, relativement parlant.

Le degré d'incertitude associé à la superficie soumise à une pratique d'aménagement à un moment précis dans un écodistrict moyen est fondé sur la proportion relative de la superficie sujette à cette pratique d'aménagement, comparativement à la superficie totale des terres agricoles de cet écodistrict. L'incertitude relative de la superficie d'une pratique d'aménagement (exprimée comme l'écart type d'une population supposée normale) a baissé, passant de 10 % à 1,25 % de la superficie à mesure qu'augmentait la superficie relative de cette pratique¹¹ (McConkey et al., 2007b).

Les hypothèses relatives aux degrés d'incertitude associés aux coefficients de fluctuation du C pour les terres en jachère, en travail du sol et en cultures annuelles et pérennes ont deux sources principales : 1) l'incertitude des processus associée aux variations du C, attribuable à l'inexactitude des prédictions relatives aux variations du C, même si la situation de la pratique d'aménagement était définie à la perfection, 2) l'incertitude situationnelle associée aux variations du C, attribuable à la variation de la situation de la pratique d'aménagement.

L'incertitude des processus comprend l'effet du degré d'incertitude du modèle, lequel englobe l'incertitude des prédictions du modèle découlant de paramètres incertains et celle qui découle d'une représentation inexacte ou incomplète de tous les processus pertinents par le modèle. Lorsqu'on utilise des données empiriques, l'incertitude des processus peut découler de carences dans les techniques de mesure, d'erreurs d'analyse, de la piètre représentativité des mesures et de composantes des variations du C non mesurées. Pour estimer la marge d'erreur des processus, on s'est servi de l'écart par rapport aux variations du C mesurées dans le cadre d'expériences contrôlées. On présume que cet écart représente le degré d'incertitude inhérent, même lorsque la situation est décrite avec précision. Les coefficients de mise à l'échelle associés à l'incertitude des processus pour le travail du sol et la jachère ont été calculés pour le Canada à partir des données de VandenBygaard et al. (2003).

L'incertitude situationnelle provient de l'incapacité à décrire précisément chaque situation. Elle comprend notamment l'effet des interactions avec les changements passés ou simultanés de l'utilisation ou de l'aménagement des terres, et la variabilité des conditions météorologiques, des propriétés du sol, de l'aménagement des cultures et de la continuité des changements d'affectation des terres. Les coefficients de mise à l'échelle associés à l'incertitude situationnelle pour les changements d'aménagement des terres en jachère, en travail du sol et en cultures annuelles et pérennes ont été estimés à partir de la variabilité observée des changements du C simulés dans le modèle CENTURY pour toutes les combinaisons composantes du sol—aménagement—climat de l'UR. Les variations du C ont été calculées pour un grand nombre de combinaisons d'aménagements. De plus, un éventail de données sur les conditions météorologiques historiques par écodistrict a été intégré aux simulations du modèle CENTURY. L'incertitude situationnelle inclut aussi la variabilité additionnelle des facteurs régionaux introduits par l'imposition de la réversibilité des changements du C. Des coefficients de mise à l'échelle moyens du degré d'incertitude situationnelle ont été calculés pour le Canada (McConkey et al., 2007b).

Bien qu'une interaction entre l'incertitude de processus et l'incertitude situationnelle soit attendue, il n'est pas possible de décrire leurs relations étant donné la complexité des nombreuses interactions possibles entre les écarts attribuables à l'incertitude des processus et ceux attribuables à l'incertitude situationnelle. On a donc supposé que l'écart total des variations du C correspond à la somme des écarts associés aux incertitudes liées aux processus et aux situations. On trouvera dans McConkey et al. (2007b) des renseignements détaillés sur la façon d'estimer l'incertitude. Le chapitre 6.5.1 présente les résultats de cette analyse.

Aucune analyse officielle des incertitudes n'a encore été réalisée pour l'estimation de la fluctuation du C des cultures associée à la variation du rendement des cultures. Cependant, d'autres modèles pour déterminer le C dans les sols de différentes complexités (c.-à-d. le modèle sur le carbone de Rothamsted, l'Introductory Carbon Balance Model [ICBM] et le modèle de Campbell) peuvent se servir du rendement mesuré comme apport de C dans les simulations qui ont été

11 Huffman T. 2006. Personal communication (from Huffman T, Agriculture and Agri-Food Canada to McConkey BG, Agriculture and Agri-Food Canada).

prises à l'essai dans l'analyse relative à l'évaluation nationale du C. On a également utilisé ces modèles pour simuler le COS avec différents degrés de réussite par rapport aux observations sur le terrain (Thiagarajan et al., 2022). Les valeurs estimatives de la fluctuation nationale du C ont varié, passant d'une perte de 5,4 Mt de C en 1990 à un gain de 4,4 Mt de C en 2020 selon le modèle de Campbell, et en portant le gain à 9,9 Mt de C en 1990 à 38,5 Mt de C en 2020 selon l'ICBM. À des fins de comparaison des parties de l'Annexe 1, on a employé la méthode de niveau 2 du GIEC pour estimer la fluctuation du COS en fonction de la productivité des cultures et de l'apport de C dans les résidus de cultures aux échelles spatiales des écodistricts, des UR et de l'ensemble du Canada. On a constaté que les résultats de cette méthode sont à peu près équivalents à la moyenne des résultats des autres modèles, ce qui semble indiquer que la méthode donne des valeurs estimatives dans les limites des valeurs qui sont généralement observées dans d'autres études, comme le représentent les paramètres par défaut des modèles permettant de déterminer le C dans les sols.

De même, aucune analyse officielle des incertitudes n'a été réalisée pour l'estimation de la fluctuation du C des cultures en fonction de l'épandage du fumier, bien qu'il existe des données estimatives sur les incertitudes associées aux mesures sur le terrain de la rétention du C des fumiers : ± 30 % pour les fumiers solides de porcs et de bovins, ± 13 % pour le compost de fumier de porcs et ± 330 % pour les fumiers liquides de porcs et de bovins. Des précisions sur les incertitudes associées aux types et aux populations d'animaux d'élevage, à l'excrétion de C dans les fumiers et au ratio C:N des différents types de fumier épandus sont présentées dans les sections A3.4.1 et A3.4.3 ainsi que dans le Tableau A6.5 –5, respectivement.

Émissions et absorptions de CO₂ imputables à la biomasse ligneuse

Les estimations des émissions et des absorptions de la biomasse ligneuse sur les terres cultivées incluent celles qui proviennent des arbres et des arbustes sur les terres agricoles, de même que des vignes, des vergers et des plantations d'arbres de Noël. Une approche d'échantillonnage par télédétection a été utilisée pour déterminer les zones d'arbres et d'arbustes pendant la période de déclaration, et le *Recensement de l'agriculture* a permis d'obtenir des estimations des zones de vignes, de vergers et de plantations d'arbres de Noël.

Les vignobles, les vergers à fruits et les plantations d'arbres de Noël font l'objet d'un aménagement intensif afin d'assurer leur rendement soutenu. Les plants de vigne sont taillés chaque année, ne laissant que le tronc et les tiges âgées d'un an. De même, les arbres fruitiers sont taillés chaque année pour préserver la forme et la taille voulues du couvert. Les vieux plants font l'objet de remplacement par rotation pour empêcher les maladies, améliorer les sujets ou introduire de nouvelles variétés. En général, les arbres de Noël sont récoltés vers l'âge d'un an. Pour ces trois récoltes, en raison des pratiques de rotation et des impératifs de rendement soutenu, on a présumé que la répartition des classes d'âge dans les exploitations était généralement uniforme. C'est pourquoi il ne devrait pas y avoir de hausse ou de baisse nettes du C de la biomasse dans les exploitations existantes, car le C perdu à l'occasion de la récolte ou du remplacement des arbres est équilibré par les gains attribuables à la croissance des nouveaux végétaux. La méthode s'est donc limitée à déceler les changements survenus dans les superficies des vignobles, des vergers à fruits ou des plantations d'arbres de Noël et à estimer les variations des stocks de C correspondantes dans la biomasse totale.

Aucune étude n'a été réalisée au Canada sur la dynamique du C aérien ou souterrain dans les vignobles ou les vergers à fruits. Toutefois, on peut estimer que les résultats d'autres études sont valables, puisque les variétés, les techniques de production et même les porte-greffes sont souvent les mêmes. On a utilisé la littérature canadienne sur les plantations d'arbres de Noël dans la mesure du possible.

D'après les travaux de Mailvaganam (2002), on a présumé qu'en moyenne, les plants de vigne étaient remplacés à l'âge de 28 ans et que l'âge moyen d'un plant de vigne était donc de 14 ans. En raison de la taille intensive, les taux linéaires d'accumulation de biomasse aérienne et souterraine dans les troncs et les racines sont respectivement de 0,4 et de 0,3 Mg ha⁻¹ an⁻¹ (Nendel et Kersebaum, 2004). Ces taux ont été convertis en valeurs du C en utilisant une teneur de la biomasse en C de 50 %. En cas de diminution de la superficie d'un vignoble, on présume une perte instantanée de 4,9 mg C ha⁻¹, ce qui équivaut à la biomasse moyenne sur pied de plants de vigne âgés de 14 ans (McConkey et al., 2007a).

À cause de différences de densité de plantation, la quantité de biomasse sur pied par unité de superficie pour les vergers de pommiers et de pêcheurs variait étroitement, entre 36 et 40 Mg/ha (McConkey et al., 2007a). Cette similitude n'a rien d'étonnant, puisque peu importe la taille des arbres et la densité de plantation, la forme et le couvert des arbres sont modifiés de manière à maximiser la photosynthèse nette par superficie. Le taux annuel de séquestration du C sur une période de croissance de 10 ans a été évalué à 1,6 mg C ha⁻¹ an⁻¹. Le même taux, multiplié par un rapport système racinaire/système foliacé de 0,4 (Bartelink, 1998), a été utilisé pour estimer le taux de séquestration du C dans la biomasse souterraine. La perte instantanée de C lors d'une diminution de la superficie des vergers équivaut à 50 % de la biomasse totale d'un arbre âgé de 10 ans (22,4 mg C ha⁻¹).

Les arbres de Noël sont commercialisés à l'âge d'environ 10 ans (McConkey et al., 2007a). Avec un rapport système racinaire/système foliacé de 0,3 (Bartelink, 1998; Litton et al., 2003; Xiao et Ceulemans, 2004), le C total de la biomasse d'une plantation d'arbres marchands est donc estimé à 11,1 mg C ha⁻¹. La séquestration du C dans la biomasse de nouvelles plantations d'arbres de Noël est calculée pour cinq ans à des taux de 0,85 et 0,26 mg C ha⁻¹ respectivement pour la biomasse aérienne et la biomasse souterraine. Une diminution de la superficie de plantation provoque la perte immédiate de 5,6 mg C ha⁻¹.

Les arbres et les arbustes sur les terres agricoles comprennent les types de couverture ligneuse vivace dans les fermes, les brise-vent et les haies. Le stockage de C dans la biomasse ligneuse à l'échelle du paysage change avec le temps à mesure que les arbres et les arbustes croissent et meurent; ou dans des zones terrestres où la biomasse ligneuse change en raison de la plantation, de la colonisation de terres cultivées ou du déboisement.

L'approche d'échantillonnage fondée sur l'OT, utilisée pour quantifier les changements dans la biomasse ligneuse sur les terres cultivées au Canada a été élaborée par Huffman et al. (2015b). En bref, le cadre écologique national (Marshall et al., 1999) a servi de base à une approche d'échantillonnage aléatoire stratifié, avec l'objectif de 30 sites d'échantillonnage par écozone. Des photos aériennes historiques à haute résolution provenant de la Photothèque nationale de l'air de Ressources naturelles Canada et de bases de données provinciales ont été choisies pour numériser la couverture terrestre des arbres et des arbustes à l'intérieur d'une parcelle de 2 km sur 2 km vers les années 1990, 2000 et 2010 à une échelle de 1:10000. La catégorie « arbres » de la couverture terrestre a été définie comme ayant moins de 25 % de fermeture du couvert forestier et s'étendant sur une superficie de moins d'un hectare. La catégorie « arbustes » de la couverture terrestre représente les plantes ligneuses non agricoles qui ne seraient pas censées correspondre à la définition de la forêt ou des « arbres » lorsque parvenues à maturité. Les estimations du rendement en volume ligneux pour chaque écozone ont été établies en fonction de la littérature publiée et de consultations auprès de spécialistes provinciaux de la foresterie et de l'agriculture, d'associations pour la conservation et d'universitaires. Dans l'ensemble, les estimations du volume ligneux au-dessus du sol ont varié de 99,3 à 181,7 m³ ha⁻¹ dans les écozones, et les augmentations moyennes annuelles estimées, de 1,2 à 3,8 m³ ha⁻¹ année⁻¹. Compte tenu de l'ajout d'un nouvel ensemble de données en 2020, la croissance, la perte et le gain de la biomasse d'arbres et d'arbustes (en tonnes de C) ont été calculés pour deux périodes : 1990–2000 et 2000–2010 sur les terres cultivées. Une technique de raccord par interpolation tirée des Lignes directrices de 2006 du GIEC est appliquée à la transition entre les deux périodes pour adoucir la série chronologique. Les analyses, les coefficients et les paramètres utilisés pour estimer les changements des stocks de C sont fondés sur la méthodologie décrite par Huffman et al. (2015b) pour les deux périodes.

D'après l'analyse de la production de bois de chauffage, les terres agricoles constituent une importante source de combustible pour la production de bioénergie résidentielle au Canada (Doyon et al., 2019). Une part de la perte de biomasse ligneuse sur des terres cultivées a donc été transférée au réservoir de PLR comme intrant de bois de chauffage pour répondre aux besoins régionaux en matière de bioénergie résidentielle (consulter la section A3.5.3) à l'échelle des UR. En outre, dans les régions où la disponibilité de biomasse forestière était insuffisante dans un UR donné, les fractions de biomasse requise étaient présumées provenir de la perte de biomasse ligneuse sur des terres cultivées dans l'UR avoisinant. Pour éviter la double comptabilisation des émissions dans les catégories des Terres cultivées et des Produits ligneux récoltés, la quantité de C transférée dans le réservoir de PLR n'a pas été traitée comme une perte de C dans la catégorie des Terres cultivées, quoiqu'elle serait normalement déclarée comme une oxydation instantanée. Par conséquent, malgré la déclaration de ce qui semble être une augmentation des puits ou une réduction des émissions imputables à la biomasse ligneuse, aucune variation nette dans les émissions ou les absorptions totales de carbone ne survient lorsqu'on tient compte du transfert de PLR.

Degré d'incertitude

Les éléments des vergers et des vignes qui poussent mal sont régulièrement enlevés et remplacés, et les arbres fruitiers et les vignes sont souvent irrigués afin de maintenir la croissance désirée au cours des périodes de sécheresse. En conséquence, la variabilité des changements des stocks de C devrait être moindre que pour les autres activités agricoles.

En ce qui concerne la perte de superficie, on présume que tout le C de la biomasse ligneuse est émis immédiatement. Comme il n'existe aucune donnée particulière au Canada sur l'incertitude concernant les vignes, les vergers et les plantations d'arbres de Noël, le degré d'incertitude par défaut de ± 75 % pour la biomasse ligneuse sur les terres cultivées, tiré des Lignes directrices 2006 du GIEC pour ces types de couverture terrestre, a été utilisé. L'approche de propagation d'erreurs décrite dans Huffman et al. (2015b) a été appliquée aux arbres et aux arbustes. Si la perte de superficie d'arbres fruitiers, de vignes ou de plantations d'arbres de Noël est estimée s'être faite au profit de cultures annuelles, une certaine conversion des cultures pérennes au profit des cultures annuelles se produit également. Celle-ci est associée à son propre degré d'incertitude quant aux variations du C, lequel contribue à l'incertitude globale des variations du C pour une zone de déclaration donnée.

Travail des sols organiques

Le travail des histosols pour les cultures agricoles annuelles comprend généralement des opérations de drainage, de labour et de fertilisation. Toutes ces pratiques ont pour effet d'accélérer la décomposition du COS et par conséquent de rejeter du CO₂ dans l'atmosphère.

Méthodologie

La méthode de niveau 1 du GIEC repose sur le taux de C rejeté par unité de superficie :

Équation A3.5-12

$$C = \sum(A_i \times CE)$$

C	=	émissions de C résultant du travail des sols organiques (Mg C an ⁻¹)
A_i	=	superficie de sols organiques travaillés pour les cultures agricoles annuelles dans la province i , en ha
CE	=	coefficient d'émission de carbone, en Mg de C perdu ha ⁻¹ an ⁻¹ . On a utilisé le coefficient d'émission par défaut de 5,0 Mg C ha ⁻¹ an ⁻¹ (GIEC, 2006)

Sources de données

Les superficies d'histosols travaillés à l'échelle provinciale ne sont pas comprises dans le *Recensement de l'agriculture*. Faute de ces données, on a consulté de nombreux spécialistes des sols et des cultures du Canada. D'après ces consultations, on estime la superficie totale de sols organiques travaillés au Canada à 16 kha (Liang et al., 2004).

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude associé aux émissions de cette source provient des incertitudes liées aux estimations du coefficient d'émission et de la superficie des histosols cultivés. Un degré d'incertitude de ± 50 % a été attribué à la limite de confiance à 95 % associée à l'estimation de la superficie des histosols cultivés, alors que la limite de confiance à 95 % du coefficient d'émission proposée dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) est associée à un degré d'incertitude de ± 90 %.

A3.5.4.2. Prairies converties en terres cultivées

La conversion de prairies indigènes en terres cultivées entraîne des pertes de COS et d'azote organique du sol, ce qui a pour effet de rejeter du CO₂ et du N₂O dans l'atmosphère. D'après une étude sur le brûlage de prairies aménagées au Canada par Bailey et Liang (2013), des changements de teneur en C dans la biomasse aérienne ou souterraine ou la MOM lors de la conversion ne sont généralement pas significatifs. Les auteurs ont indiqué que la biomasse aérienne moyenne était de 1 100 kg ha⁻¹ sur le tchernoziem brun et de 1 700 kg ha⁻¹ sur le tchernoziem brun foncé. La biomasse aérienne des prairies aménagées serait inférieure à son rendement si elles étaient cultivées (Liang et al., 2005).

Un certain nombre d'études sur les variations du COS et de l'azote organique du sol dans les prairies converties en terres cultivées ont été menées dans les zones de sol brun, brun foncé et noir des Prairies du Canada; McConkey et al. (2007a) en résument les résultats.

Pertes de carbone organique du sol

D'après les observations de terrain, la perte moyenne de COS s'établit à 22 % (McConkey et al., 2007a). Bon nombre des études comportaient des comparaisons dans les 30 ans suivant la mise en culture des prairies indigènes, alors que d'autres étaient réalisées 70 ans ou plus après la mise en culture. Étant donné que beaucoup de ces études ne précisaient pas le délai écoulé depuis la mise en culture, on présume qu'une perte de 22 % du COS correspond à un intervalle d'environ 50 à 60 ans après la conversion des prairies.

Le modèle CENTURY (version 4.0) est utilisé pour estimer la dynamique du COS découlant de la conversion des prairies en terres cultivées pour les tchernoziems bruns et brun foncé (Figure A3.5-16). Peu après la mise en culture, on constate une augmentation de la matière organique du sol, étant donné que la biomasse souterraine des herbes fait maintenant partie du COS. Au bout de quelques années, le COS baisse en deçà de la quantité de COS qui existait dans les conditions de prairie. Le taux de diminution du COS ralentit progressivement avec le temps. Si l'on ne tient pas compte de l'augmentation initiale du COS attribuable au C qui est ajouté par les racines, cette dynamique du COS est décrite par l'équation suivante :

Équation A3.5-13

$$\Delta C(t) = \Delta C_{Bmax} \times [1 - \exp\{-k \times (t - t_{éc})\}]$$

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la t e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹
ΔC_{Bmax}	=	changement ultime du COS des prairies à la terre cultivée, Mg C ha ⁻¹
k	=	vitesse constante qui décrit la décomposition, an ⁻¹
t	=	temps écoulé depuis la mise en culture des prairies, en années
$t_{éc}$	=	temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Si on suppose que la perte de 22 % survenue environ 50 à 60 ans après la mise en culture initiale représente la perte totale, la valeur de ΔC_{Bmax} s'établit alors à $0,22/(1-0,22) = 28\%$ du COS stabilisé selon l'utilisation des terres agricoles. Puisque l'incertitude liée à la dynamique réelle, le décalage dans la déperdition de COS depuis la mise en culture des prairies jusqu'au déclin immédiat suivant la mise en culture est présumé nul. Compte tenu de ces hypothèses, l'équation générale qui permet de prédire la perte de COS à partir de la mise en culture des prairies devient la suivante :

Équation A3.5-14

$$\Delta C(t) = 0,28 \times COS_{agric} \times [1 - \exp^{(-0,12 \times t)}]$$

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la t ^e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹
t	=	temps écoulé depuis la mise en culture, en années
COS_{agric}	=	COS de 0 à 30 cm, tiré de la Base de données nationales sur les sols de SISCan pour l'utilisation des terres agricoles (catégorie des Terres cultivées), en Mg C ha ⁻¹

C'est ainsi que les pertes totales de COS dans les Prairies converties en terres cultivées ont été calculées à l'aide de la méthode de niveau 2 du GIEC :

Équation A3.5-15

$$\Delta C_{PR-TC} = \sum_{1951-n} \sum_{TOUSPPC} \sum_t (\Delta C_t \times AIRE_{PR-TC})$$

ΔC_{PR-TC}	=	pertes de COS attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées de 1951 à l'année n, en Mg C
$TOUSPPC$	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies converties en terres cultivées
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_t	=	variation du COS pour la t ^e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹
$AIRE_{PR-TC}$	=	superficie des prairies converties annuellement en terres cultivées depuis 1951, en ha

Pertes d'azote organique du sol et émissions de N₂O

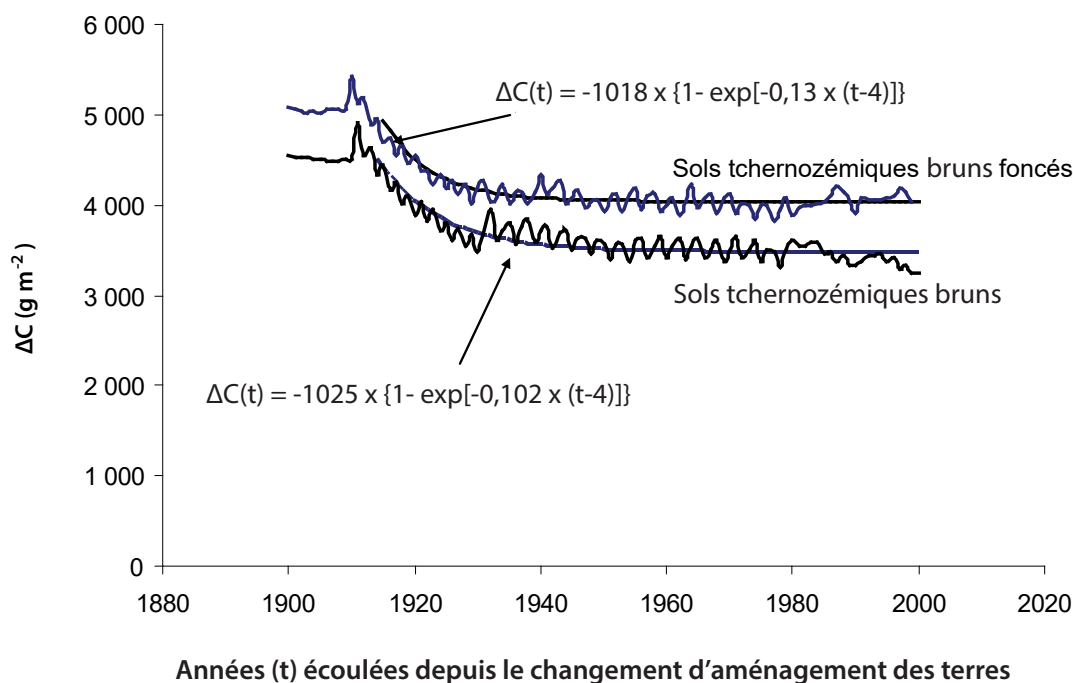
La variation de la concentration en azote organique du sol est estimée correspondre à une proportion fixe des pertes de C. Lorsqu'on décelait à la fois des fluctuations de l'azote organique du sol et du COS, on a déterminé que la fluctuation moyenne de l'azote organique du sol était de 0,06 kg N perdu/kg C (McConkey et al., 2007a). Ainsi, les émissions de N₂O découlant de la conversion de prairies en terres cultivées ont été calculées au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC :

Équation A3.5-16

$$N_2O_{PR-TC} = \sum_{1951-n} \sum_{TOUSPPC} \sum_t (\Delta C_{PR-TC} \times AIRE_{PR-TC}) \times 0,06 \times CE_{BASE} \times CR_{SN} \times CR_{TX} \times CR_{HS} \times \frac{44}{28}$$

N_2O_{PR-TC}	=	émissions de N ₂ O en 2016 attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées de 1951 à l'année n (année d'inventaire en cours), en kt
$TOUSPPC$	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies converties en terres cultivées
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_{PR-TC}	=	variation du COS pour la t ^e année après la conversion des prairies, en Mg C ha ⁻¹
$AIRE_{PR-TC}$	=	superficie des prairies converties annuellement en terres cultivées depuis 1951, en ha
CE_{BASE}	=	coefficient d'émission de N ₂ O, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations de la saison de croissance de mai à octobre) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.4.5)
CR_{SN}	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la source de N sur les émissions de N ₂ O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_{TX}	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la texture (TX) des sols sur les émissions de N ₂ O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_{HS}	=	coefficient de rapport pour corriger les émissions N ₂ O du sol hors de la saison de croissance (voir la section A3.4.5)
$0,06$	=	Ration des pertes de NOS sur celles du COS N
$44/28$	=	facteur de conversion de N ₂ O - N en N ₂ O

Figure A3.5-16 **Dynamique du COS après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernozémiqes bruns et brun foncé, simulée par le modèle CENTURY**



Sources de données

La superficie des prairies déclarée dans la catégorie Prairies dont la vocation n'a pas changé a été estimée au moyen d'une combinaison de données tirées du *Recensement de l'agriculture* et de l'OT. Les estimations de la superficie déclarées dans la catégorie Prairies converties en terres cultivées reposent sur le rapprochement des changements dans la superficie des terres entre les Prairies dont la vocation n'a pas changé et les terres soumises à la gestion des terres cultivées. Pour éviter les problèmes liés aux déclarations faites par les exploitations agricoles, les données ont été regroupées à l'échelle des écodistricts avant le processus de rapprochement des terres. Les estimations de superficie des Prairies converties en terres cultivées à l'échelle des écodistricts ont ensuite été réparties en polygones des PPC.

Dans chaque polygone des PPC, la superficie déclarée dans la catégorie des Prairies dont la vocation n'a pas changé a été affectée aux composantes du sol cotées « faibles » en ce qui concerne la « probabilité d'être cultivées ». Les données sur la teneur en C du sol tirées de la Banque de données nationales sur les sols ont servi à calculer la teneur moyenne en COS dans chacun des sols des polygones des PPC.

Degré d'incertitude

La conversion de prairies agricoles en terres cultivées est permise, contrairement à l'inverse. L'incertitude associée à la superficie convertie dans un écodistrict donné ne peut être plus grande que l'incertitude associée à la superficie finale des terres cultivées ou de la superficie initiale de prairie. Par conséquent, le degré d'incertitude associé à la superficie de conversion est présumé égal soit au degré d'incertitude de la superficie de terres de la catégorie des Terres cultivées, soit à celui de la catégorie des Prairies, selon l'incertitude la moins élevée. On a présumé que le coefficient de mise à l'échelle était le même que pour les conversions entre cultures annuelles et pérennes (McConkey et al., 2007b).

A3.5.4.3. Terres forestières converties en terres cultivées

Émissions de CO₂ et de N₂O des sols

Le défrichage des forêts pour accroître la superficie de terres agricoles est en baisse, mais reste important au Canada. La présente section décrit la méthode d'estimation des changements des émissions de CO₂ et de N₂O se rattachant aux perturbations du sol. La méthode d'estimation des émissions de la biomasse au moment de la conversion est présentée aux sections A3.5.2.1 et A3.5.2.10. En ce qui concerne les fluctuations du COS, il faut faire la distinction entre l'est et l'ouest du Canada.

Est du Canada

Un certain nombre d'observations ont comparé les valeurs de COS dans les terres couvertes de forêt avec les valeurs de COS dans les terres agricoles attenantes dans l'Est du Canada. La perte moyenne de C était de 20,3 % dans la couche supérieure de 30 cm du sol (McConkey et al., 2007a). Cette valeur est comparable à celle qu'on retrouve dans la base de données des sols de SISCan (Tableau A6.5–9), laquelle montre qu'en moyenne, le COS dans la couche supérieure de 30 cm des sols affectés à l'agriculture était inférieur de 20,5 % au C dans les sols couverts de forêts.

Même si les valeurs de COS des terres boisées comprennent le C dans la couche de litière au-dessus du sol minéral, dans la pratique, il subsiste toujours un degré d'incertitude rattaché à la quantification de cette source de C ainsi que du C organique dans les débris du sol (Paul et al., 2002). L'érosion du sol, dont on présume généralement qu'elle augmente dans les sols affectés à l'agriculture, a aussi pour effet de réduire les valeurs de COS mesurées dans les sols agricoles.

On a utilisé le modèle CENTURY (version 4.0) pour estimer la dynamique du COS résultant de la conversion des forêts (Figure A3.5–17). Au cours des premières années qui suivent la conversion, on constate une augmentation de la matière organique du sol, car la litière et la MOM aérienne et souterraine deviennent partie intégrante du COS. Au bout de quelques années, le COS baisse en deçà de la quantité qui existait avant la conversion des forêts. Le taux de diminution du COS ralentit progressivement avec le temps.

L'équation suivante a été ajustée aux résultats du modèle CENTURY dans la Figure A3.5–16, en excluant l'augmentation initiale du COS :

Équation A3.5–17

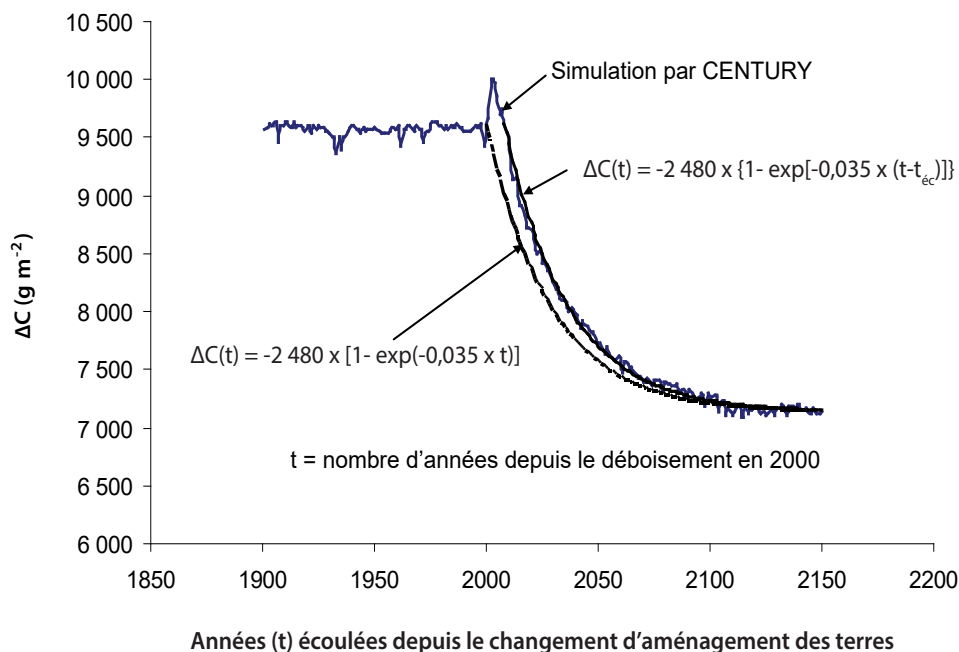
$$\Delta C_{(t)} = \Delta C_{Dmax} \times [1 - \exp\{-k \times (t - t_{éc})\}]$$

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la t ^e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹
ΔC_{Dmax}	=	changement maximal du COS depuis la conversion des forêts jusqu'à l'agriculture, Mg C ha ⁻¹
k	=	constante qui décrit la décomposition, année ⁻¹
t	=	temps écoulé depuis la conversion des terres forestières, en années
$t_{éc}$	=	temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Dans les simulations du COS après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées (Figure A3.5–18), 25 % des pertes de C se produisent dans les 20 ans qui suivent le déboisement et 90 %, dans les 100 ans. Compte tenu de l'incertitude quant à la dynamique réelle, une absence de décalage dans la perte du COS depuis la conversion des forêts est présumée, de sorte que le COS commence à régresser immédiatement après la conversion des forêts; on utilise donc la déperdition de COS rajustée (Figure A3.5–13) pour estimer la perte de COS avec un décalage fixé à 0 après rajustement.

La perte moyenne de 20,5 % de COS découlant de la conversion de forêts en terres cultivées dans l'est du Canada, d'après les données du système SISCan, est présumée correspondre à la période d'environ 100 ans écoulée depuis la conversion des forêts. Ainsi, la valeur de ΔC_{Dmax} est corrigée par un facteur de 1/0,927 fois, lequel suppose, d'après l'intégration de l'Équation A3.5–18 que la perte de C après 100 ans s'élève à 92,7 % seulement. La correction donne une valeur de ΔC_{Dmax} de 22,1 % de COS dans des conditions forestières à long terme. Comme la base de données SISCan contient plus de données sur le COS dans les conditions de culture à long terme que sur le COS dans des conditions forestières à long terme dans les régions où on trouve des terres cultivées, les pertes maximales de COS ont été calculées par rapport à un COS de terres cultivées stabilisées (perte = 0,221/[1-0,221] × COS, ou = 0,284 × COS dans des conditions de culture).

Figure A3.5-17 **Carbone organique du sol après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées, simulé selon le modèle CENTURY**



Ainsi, l'équation finale qui permet d'estimer la perte de COS attribuable à la conversion des forêts au profit de l'agriculture dans l'est du Canada est la suivante :

Équation A3.5-18

$$\Delta C(t) = 0,284 \times COS_{agric} \times [1 - \exp(-0,0262 \times t)]$$

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la t ^e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹
COS_{agric}	=	COS de 0 à 30 cm pour une terre cultivée, en mg C ha ⁻¹ , d'après les données de SISCan
-0,0262	=	constante qui décrit la décomposition, an ⁻¹
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années

Ainsi, la quantité totale de COS perdu des Terres forestières converties en terres cultivées est estimée de la manière suivante :

Équation A3.5-19

$$\Delta C_{TF-TC} = \sum_{1970-n} \sum_{TOUSPPC} \sum_t (\Delta C_t \times AIRE_{TF-TC})$$

ΔC_{TF-TC}	=	perte totale de COS en l'année n dans les Terres forestières converties en terres cultivées de 1970 à l'année n, en Mg C ha ⁻¹
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années
TOUSPPC	=	tous les polygones de sol renfermant des terres forestières converties en terres cultivées
ΔC_t	=	variation du COS pour la t ^e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹ (voir l'Équation A3.5-18)
$AIRE_{TF-TC}$	=	superficie de terres forestières converties en terres cultivées chaque année depuis 1970, ha

Signalons que la perte de COS définie par l'Équation A3.5–19 s'ajoute aux variations du stock de C dans la biomasse ligneuse et dans la MOM ligneuse présentes dans la forêt au moment de la conversion des forêts.

D'après les observations effectuées sur le terrain, on a établi la variation moyenne de la concentration de N dans l'est du Canada à -5,2 %, soit 0,4 Mg N/ha (McConkey et al., 2007a). Pour les comparaisons où l'on a déterminé à la fois la perte de N et de C, la perte correspondante de C est de 19,9 Mg C/ha, et la perte de C est 50 fois supérieure à celle de N. Par souci de simplicité, on a présumé que la perte de N était fixée à une valeur constante de 2 % de la perte de C. Ainsi, les émissions de N₂O de la conversion des terres forestières en terres cultivées sont estimées de la manière suivante :

Équation A3.5–20

$$N_2O_{TF-TC} = \sum_{1970-n} \sum_{TOUSPPC} \sum_t (\Delta C_t \times AIRE_{TFTC}) \times 0,02 \times CE_{BASE} \times CR_{SN} \times CR_{TX} \times CR_{HS} \times \frac{44}{28} \times 1000^{-1}$$

N_2O_{TF-TC}	=	émissions de N ₂ O attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées de 1970 à l'année n (année d'inventaire en cours), en kt
$TOUSPPC$	=	tous les polygones du sol où des terres forestières sont converties
ΔC_t	=	variation du COS pour la t^e année après la conversion, en Mg C ha ⁻¹ an ⁻¹
$AIRE_{TFTC}$	=	superficie des forêts converties annuellement en terres cultivées depuis 1970, en ha
$0,02$	=	conversion du C en N
CE_{Base}	=	coefficient d'émission de base, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations pendant la saison de croissance de mai à octobre) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.4.5)
CR_{SN}	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la source de N sur les émissions de N ₂ O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_{TX}	=	coefficient de rapport pour corriger l'effet de la texture (TX) des sols sur les émissions de N ₂ O des sols (voir la section A3.4.5)
CR_{HS}	=	coefficient de rapport pour corriger les émissions N ₂ O des sols hors de la saison de croissance (voir la section A3.4.5)
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années
$44/28$	=	facteur de conversion de N ₂ O-N en N ₂ O
1000^{-1}	=	conversion de Mg à kt

Ouest du Canada

Une bonne part des sols agricoles actuels de l'ouest du Canada étaient des prairies avant d'être cultivés. Par conséquent, la conversion de forêts en terres cultivées touche principalement les forêts attenantes aux prairies. De plus, les forêts de seconde venue qui ont poussé sur d'anciennes prairies depuis que les feux de végétation sont supprimés en raison du développement agricole ont connu une conversion limitée. Historiquement, la conversion a été moins importante que dans l'est du Canada; c'est pourquoi la documentation présente moins de comparaisons du COS entre les sols forestiers et les sols agricoles pour cette région. Ellert et Bettany (1995) ont signalé qu'il n'y avait aucune différence entre les valeurs COS des forêts de tremble indigène et celles des pâturages à long terme qui n'ont pas été cultivés depuis le défrichage pour un luvisol brun orthique, près de Star City, en Saskatchewan.

Les données du SISCan permettent de nombreuses comparaisons du COS dans les sols forestiers et dans les sols agricoles (Tableau A6.5–9). En moyenne, ces données n'indiquent aucune déperdition de COS attribuable à la conversion des forêts. Cela semble indiquer qu'à long terme, l'équilibre entre les apports de C et la minéralisation du COS demeure semblable dans les sols agricoles et dans les sols forestiers. Il est important de savoir que la périphérie nord des secteurs agricoles de l'ouest du Canada, où se produit actuellement la majeure partie de la conversion des forêts, comporte des terres marginales pour ce qui est des cultures annuelles; les pâturages et les cultures fourragères sont les principales utilisations agricoles après le défrichage. En général, la déperdition de C de la conversion des forêts en terres cultivées est moindre lorsque les terres agricoles portent des fourrages et des pâturages.

Pour l'ouest du Canada, on n'a présumé aucune perte de COS à long terme découlant de la conversion des terres forestières en pâturages et en cultures fourragères. C'est pourquoi la perte de C découlant de la conversion des terres dans l'ouest du Canada serait attribuable aux pertes de C dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres et dans la MOM ligneuse grossière présentes dans la forêt au moment de la conversion. De même, les changements moyens de l'azote organique aux stations de prairies de l'ouest du Canada converties en terres cultivées depuis au moins 50 ans étaient de +52 % (McConkey et al., 2007a), ce qui traduit l'ajout appréciable de N aux systèmes agricoles par rapport à la situation des forêts. Toutefois, considérant le degré d'incertitude quant à la dynamique réelle du ratio C-N dans les sols après la conversion, on a présumé que les terres forestières converties en terres cultivées n'étaient pas une source de N₂O provenant du réservoir pédologique. Des émissions de N₂O sont déclarées chaque fois que la conversion s'accompagne d'une combustion de biomasse (voir la section A3.5.2.1).

Sources de données

La méthode qui a servi à estimer la superficie convertie de terres forestières en terres cultivées est décrite à la section A3.5.2.10. La superficie annuelle de terres forestières converties par UR a été subdivisée en polygones des PPC en fonction des changements simultanés qui surviennent dans la superficie des terres cultivées dans les polygones des PPC. Seuls les polygones qui affichaient une hausse de la superficie des terres cultivées au cours de la période voulue ont été affectés à la conversion des forêts, et la quantité affectée équivaut à la proportion de l'augmentation totale des terres cultivées de ce polygone au sein de l'UR.

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude associé avec les variations du C dans chaque zone de déclaration a été estimé différemment dans l'est et dans l'ouest du Canada, en raison d'écarts entre les méthodes d'estimation (McConkey et al., 2007b). Dans l'ouest du Canada, le degré d'incertitude des variations du C a été estimé, même si la valeur moyenne du coefficient de variation du C était de zéro. L'hypothèse était que le degré d'incertitude associé aux variations du COS après la conversion de forêts en terres cultivées dans l'ouest du Canada suivrait une tendance similaire à celle de l'est du Canada.

A3.5.5. Prairies

Au Canada, les terres agricoles déclarées dans la catégorie des Prairies sont définies comme des pâturages non bonifiés qui servent à l'alimentation du bétail domestique, mais seulement dans les régions géographiques où les prairies ne retournent pas naturellement à l'état de forêt si elles sont abandonnées, soit le sud de la Saskatchewan et l'Alberta et une petite partie du sud de la Colombie-Britannique. Essentiellement, la catégorie Prairies comprend les grands parcours naturels aménagés de manière extensive au Canada.

Les principales activités humaines directes ayant une incidence sur les prairies agricoles du Canada sont la suppression par le feu, l'ajout de nouvelles espèces végétales dans les prairies ainsi que le volume, la durée et le moment du broutage par les animaux domestiques. Les méthodes d'estimation des émissions ou des absorptions de CO₂ résultant d'activités humaines directes et des émissions de CH₄ et de N₂O attribuables aux feux naturels ou au brûlage dirigé dans les prairies agricoles au Canada, sont présentées dans la section suivante.

A3.5.5.1. Prairies dont la vocation n'a pas changé

La méthode d'estimation du CO₂ part du principe selon lequel, dans les prairies aménagées depuis longtemps, les fluctuations des stocks de C du sol au cours d'une certaine période surviennent après des changements des méthodes de gestion du sol qui influent sur les taux d'ajout de C ou de déperdition de C du sol.

Équation A3.5–21

$$COS = COS_{REF} \times CV_G \times CV_A$$

COS	=	stock de C organique du sol à un moment donné, depuis le changement de gestion et d'apport, Mg C ha ⁻¹
COS_{REF}	=	stock de COS de référence, Mg C ha ⁻¹
CV_G	=	coefficient de variation des stocks de C pour le régime de gestion, sans unité
CV_A	=	coefficient de variation des stocks de C pour l'apport de matière organique, sans unité

La superficie totale de prairies aménagées est calculée comme suit :

Équation A3.5–22

$$A_n = PRPR_{1990} - \sum_{1990}^n PRTC$$

A_n	=	superficie totale des prairies dont la vocation n'a pas changé en l'année d'inventaire n, en ha
$PRPR_{1990}$	=	superficie des prairies dont la vocation n'a pas changé en 1990, en ha
$PRTC$	=	superficie des prairies converties en terres cultivées depuis 1990, en ha

Par conséquent, le changement net du COS à cause de changements de gestion et d'apport liés aux prairies dont la vocation n'a pas changé peut être estimé au moyen de la méthode de niveau 1 du GIEC :

Équation A3.5–23

$$\Delta C_{PR-PRMinéral} = [(COS_0 - COS_{0-T}) \times A] / t$$

$\Delta C_{PR-PRMinéral}$	=	changement net du COS dû aux changements de gestion et d'apport liés aux prairies dont la vocation n'a pas changé, en Mg C ha ⁻¹ année ⁻¹
COS_0	=	stock de COS au cours de l'année d'inventaire, en Mg C ha ⁻¹
COS_{0-T}	=	stock de COS, T années avant l'année d'inventaire, en Mg C ha ⁻¹
A	=	superficie de prairies dont la vocation n'a pas changé touchée par le changement de gestion ou d'apport, en ha
t	=	période d'inventaire, en années (20 années par défaut)

Si aucun changement ne survient dans les pratiques de gestion, on présume que les stocks de C sont en équilibre, et que, par conséquent, leur taux de fluctuation est nul.

Un certain nombre d'études se sont penchées sur les effets du broutage par opposition au non-broutage sur le COS. Bien que la productivité des pâturages fortement broutés soit inférieure, ce qui peut se traduire par une dégradation de l'état du parcours, rien n'indique qu'il y a un lien avec les baisses du COS (Biondini et Manske, 1996). L'effet du régime de broutage est complexe, en raison de ses effets sur la phytocénose et des apports de C dans le sol attribuables à la croissance aérienne et souterraine des végétaux (Schuman et al., 2002; Liebig et al., 2005). Une autre influence du régime de broutage est la restitution accrue de C dans les matières fécales à mesure qu'augmente le taux de charge (Baron et al., 2002). Bruce et al. (1999) ont estimé qu'il n'était pas possible d'accroître la quantité de COS découlant d'une amélioration de la gestion du broutage sur les grands parcours faisant l'objet d'une gestion extensive en Amérique du Nord.

L'ajout de fertilisants organiques et d'engrais inorganiques a pour effet d'améliorer la productivité des prairies indigènes (Smoliak, 1965), ce qui incite à penser que ces pratiques pourraient accroître la quantité de COS grâce à des apports de C accrus. Néanmoins, ces pratiques présentent essentiellement un intérêt théorique, car les seules options de gestion pratiques sur le plan économique en ce qui concerne les prairies semi-arides consistent à modifier le régime de broutage, à pratiquer le brûlage et à introduire de nouvelles espèces végétales (Liebig et al., 2005).

Il arrive, à l'occasion, que les prairies aménagées pour le broutage dans l'ouest du Canada, dans les zones de sol brun et brun foncé de l'Alberta, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique, soient ravagées par des feux ou fassent l'objet de brûlage dirigé, à des fins, par exemple, de gestion des broussailles, de gestion de l'habitat, d'enlèvement de la végétation en dépérissement et d'exercices d'entraînement militaire. Les feux dans les prairies aménagées sont une source nette de CH₄, de CO, de NO_x et de N₂O.

Équation A3.5–24

$$ÉMISSION_{BRULAGE} = \sum (AIRE_i \times CHARGE\ COMBUSTIBLE_i \times C_{Fi} \times G_{CE}) / 1000$$

$ÉMISSION_{BRULAGE}$	=	émissions de CH ₄ ou de N ₂ O dues au brûlage dirigé ou aux feux naturels dans les prairies agricoles aménagées, kt CH ₄ ou N ₂ O
$AIRE_i$	=	superficie de la prairie agricole aménagée <i>i</i> ayant brûlé, ha
$CHARGE\ COMB_i$	=	charge de combustible moyenne pour la prairie agricole aménagée <i>i</i> ayant brûlé, Mg de matière sèche ha ⁻¹
C_{Fi}	=	taux de rendement de combustion pour la prairie agricole aménagée <i>i</i> ayant brûlé, fraction, sans unité
G_{CE}	=	coefficient d'émission du CH ₄ (2,7 g CH ₄ kg ⁻¹ de matière sèche brûlée) ou de N ₂ O (0,07 g N ₂ O kg ⁻¹ de matière sèche brûlée) (GIEC, 2006)
1000	=	conversion de Mg en kt

Sources de données

Comme il en a été fait mention à la section A3.5.4.2, la superficie déclarée dans la sous-catégorie des Prairies dont la vocation n'a pas changé a été estimée au moyen d'une combinaison des données du *Recensement de l'agriculture* et de l'OT, tel que décrit à la section A3.5.4.1. Aucune donnée détaillée exhaustive sur les changements de gestion des prairies agricoles dans le temps au Canada n'est disponible, sauf en ce qui concerne les feux de végétation et le brûlage dirigé. Des données sur les activités sur la superficie, la charge de combustible et le rendement de la combustion pour chaque cas de combustion ayant touché les prairies agricoles aménagées, ont été recueillies par le biais de consultations (Bailey et Liang, 2013). Les données sur les activités de 2013 à 2015 ont été mises à jour en 2017 et présumées constantes après la période d'échantillonnage.

A3.5.6. Terres humides

A3.5.6.1. Extraction de la tourbe

Approche générale et méthodes

Au Canada, l'extraction de tourbe est uniquement destinée à la production de produits de tourbe horticole et à des applications connexes et non pour servir de combustible. Depuis les années 1970, la technique d'extraction pneumatique est la principale méthode d'extraction de la tourbe. Cette technique exige un vaste réseau de fossés de drainage pour sécher la tourbe afin de la récolter au moyen d'équipements pneumatiques lourds. Avant l'utilisation de cette technique, on découpait manuellement des blocs de tourbe avec des pelles pour les extraire, ce qui donnait lieu à une topographie de hauts terre-pleins et de basses tranchées. Bien que ces méthodes manuelles ne soient plus utilisées, il reste de nombreux sites de récolte par blocs abandonnés dans le paysage.

Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O pour la conversion et la gestion des tourbières aux fins d'extraction de la tourbe ont été estimées au moyen d'une méthode de niveau 2 du GIEC fondée sur une combinaison des Lignes directrices de 2006 du GIEC et du Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : Terres humides (GIEC, 2014). L'approche repose sur des recherches canadiennes et des pratiques de gestion des terres propres à l'activité d'extraction de tourbe au Canada. Les estimations des émissions comprennent les émissions sur place de CO₂, de CH₄ et de N₂O, les émissions hors site de CO₂ de la tourbe extraite et les pertes de carbone organique dissous (COD) du C d'origine hydrique des sites drainés et remouillés.

Des études nationales sur les flux de GES à des sites d'extraction de tourbe au Canada ont été examinées et les mesures ont été compilées pour élaborer des coefficients d'émission et des paramètres spécifiques au pays (Tableau A6.5–7). Comme la plupart des mesures de flux déclarées ont été enregistrées pendant la saison de croissance, des coefficients d'émission annuels de CO₂ ont été élaborés en ajoutant les valeurs mesurées en hiver par Strack et Zuback (2013), les tourbières drainées ayant des émissions de CO₂ plus élevées en hiver que les tourbières naturelles. Des coefficients d'émissions de CH₄ annuels ont été élaborés en supposant que les flux pendant des saisons, autres que la saison de croissance, représentent 15 % des totaux annuels selon les données obtenues des tourbières naturelles (Saarnio et al., 2007).

En raison des techniques d'extraction et des propriétés recherchées de la tourbe de sphaigne, on accorde la préférence aux tourbières ouvertes (ombrotrophes – pauvres en nutriments) qui sont classées comme Autres terres dans le cadre de catégorisation des terres du Canada pour le secteur ATCATF, décrites dans la section 6.2 du chapitre 6. Par conséquent, environ 5 % seulement de la superficie avant la conversion satisfait à la définition de la catégorie Terres forestières. Les estimations des émissions sont réparties dans les sous-catégories Terres converties pour l'extraction de tourbe et Extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé. Pour le calcul des émissions découlant de la conversion des terres, une période de changement d'affectation des terres d'un an est utilisée pour représenter les pratiques de conversion des terres qui consistent à drainer et à enlever la couche de végétation de surface (acrotelme) en vue de l'extraction de la tourbe. Par la suite, les émissions résultant de la gestion continue des sites d'extraction de tourbe, ainsi que leur déclassement par l'abandon, la remise en état, le remouillage et la restauration, sont toutes déclarées dans la sous-catégorie de l'Extraction de la tourbe dont la vocation n'a pas changé. Les sections suivantes décrivent les sources des émissions et des absorptions de GES au cours des diverses phases d'extraction de la tourbe.

Drainage et extraction de la biomasse

Dans les sites d'extraction, le drainage et l'enlèvement de la végétation entraînent une perte d'absorption du CO₂, une plus forte décomposition de la tourbe et un accroissement de l'exportation COD, ce qui entraîne une augmentation des émissions de CO₂. Dans les champs drainés, les émissions de CH₄ diminuent de manière importante, mais les fossés de drainage, qui représentent 5 % de la superficie drainée, deviennent des points chauds de CH₄ (Waddington et Day, 2007). La plus forte décomposition de la tourbe augmente également les émissions de N₂O. Les coefficients d'émission de CO₂ et de CH₄ pour

les zones drainées proviennent d'études canadiennes (Tableau A6.5–7), mais en raison du manque de mesures nationales du N_2O , on a utilisé le coefficient d'émission par défaut pour les sites d'extraction de tourbe du Supplément 2013 du GIEC pour les terres humides (GIEC, 2014).

Les sites qui n'ont plus de valeur économique pour l'extraction sont mis hors service ou abandonnés. L'hydrologie perturbée et les propriétés de la tourbe de ces sites entravent la régénération naturelle, ayant pour résultat des émissions persistantes de CO_2 (Waddington et al., 2002). Cependant, la végétalisation survient plus fréquemment dans des sites abandonnés de coupe en blocs que dans les sites d'extraction par aspiration, bien que la couverture totale de la végétation soit faible et que la régénération de mousse se limite à des dépressions de tranchée plus humides (Poulin et al., 2005). Le coefficient d'émission de CO_2 pour les sites abandonnés de coupe en blocs est inférieur à celui des sites drainés pour la récolte par machinerie pneumatique, tandis que le coefficient d'émission de CH_4 est plus élevé. Cela est probablement attribuable aux conditions de revégétation et à la plus grande humidité des sites de coupe en blocs.

À certains sites abandonnés, des mesures de remise en état sont mises en place afin d'établir un autre type de milieu. Compte tenu de l'absence de mesures des flux pour ces sites, les coefficients d'émission pour les sites drainés sont généralement utilisés pour les sites remis en état. Toutefois, aux sites où des arbres ont été plantés, l'absorption de CO_2 par les arbres est calculée en fonction des mesures prises dans le cadre d'une étude sur une plantation d'arbres (Garcia Bravo, 2015). Les plantations d'arbres peuvent accroître la séquestration de CO_2 dans la biomasse des arbres, mais cela ne contrebalance pas les importantes émissions de CO_2 des tourbières drainées.

Empilage et transformation de la tourbe

La tourbe récoltée est empilée avant d'être transformée en divers produits de tourbe. Les émissions des tas de tourbe sont calculées suivant une courbe exponentielle de décomposition de six mois (Cleary et al., 2005). Une fois les produits de tourbe emballés, ils sont transportés hors site, en grande partie, vers les États-Unis, aux fins d'utilisations non énergétiques, comme l'horticulture, où l'on suppose que la tourbe se décompose dans un milieu aérobie. En raison du manque d'information sur les taux de décomposition lors de l'utilisation finale, toutes les émissions sont présumément produites pendant l'année d'extraction. Les émissions de CO_2 sont calculées selon une estimation du C organique total de la tourbe à l'aide d'un paramètre de fraction de C spécifique au pays (Tableau A6.5–7) établi à la suite d'analyses en laboratoire de produits de tourbe pure avec une teneur en humidité variant de 27 % à 64 % (Hayne et al., 2014).

Remouillage et restauration

Un nombre croissant de sites déclassés sont remouillés et restaurés. Le remouillage augmente les conditions anaérobies, ce qui réduit la décomposition de la tourbe et l'exportation de COD, ainsi que les émissions de CO_2 tout en augmentant les émissions de CH_4 (Strack et Zuback, 2013). Depuis les années 1990, la technique de transfert de couche de mousse a été utilisée au Canada pour la restauration des tourbières dominées par les sphaignes dans le but de remettre en état des sites dans les écosystèmes où s'accumule la tourbe. Cette technique consiste à remouiller les champs et à y épandre des spores de mousse fraîche ainsi qu'une couche de pailis afin de soutenir la régénération de la mousse (Rocheffort et al., 2003). La surveillance à long terme des sites de restauration indique que la réussite du remouillage et de la restauration varie en raison de la gestion (par exemple l'efficacité du blocage du réseau de drainage secondaire, le calendrier des procédures de restauration et la qualité du matériel végétal) ainsi que des conditions météorologiques après la restauration (González et Rocheffort, 2014). Les travaux de recherche sur les GES faits au Canada dans les sites restaurés depuis 10 ans ou moins ont montré qu'il y a de grands écarts entre les sites allant des sources aux puits. Compte tenu des résultats très différents obtenus à divers sites et de la variabilité des mesures des flux, des valeurs d'émission moyennes sont utilisées pour représenter au mieux les flux nets des sites remouillés et restaurés.

Sources de données

Une approche cartographique d'observations de la Terre fondée sur la délimitation manuelle et l'interprétation des photographies aériennes, de l'imagerie par satellite et de données connexes a été mise au point pour cartographier l'étendue des zones de tourbières perturbées par l'extraction de la tourbe dans les années 1990, 2007 et 2013. Pour interpréter les images, la superficie perturbée a été répartie en quatre sous-catégories de gestion des terres : zones d'extraction active, zones abandonnées, zones remises en état et restaurées. Les données géospatiales fournies par le Groupe de recherche en écologie des tourbières et les informations fournies par les experts de l'industrie ont été utilisées pour faciliter l'attribution des sous-catégories. En outre, pour un sous-ensemble de sites, la classe de couverture terrestre avant la perturbation (forêt, tourbière arbustive ou ouverte) a été déterminée afin d'identifier les types de catégories de terres converties (Terres forestières ou Autres terres).

Des estimations annuelles des superficies ont été établies par interpolation entre les périodes cartographiées et par extrapolation après 2013. Les estimations annuelles des superficies pour l'aménagement des terres de différentes catégories ont été ensuite affinées avec des données de sources secondaires. Les deux principales sources de données secondaires étaient les statistiques de l'industrie sur les zones de tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe en 2015.

compilées par l'Association canadienne de tourbe de sphaigne et une étude des sites d'extraction de tourbe abandonnés dans les provinces du Québec et du Nouveau-Brunswick (Poulin et al., 2005). Des sources de données secondaires ont servi à établir une référence en vue d'une vérification comparative des superficies totales converties historiquement en sites d'extraction de tourbe et des superficies de production actuelles, de même qu'à compléter l'approche cartographique, dont la capacité de déterminer les sous-catégories d'aménagement des terres est limitée. Des statistiques nationales sur la production de tourbe ont été utilisées pour représenter la quantité annuelle de tourbe extraite qui est transportée hors site (RNCan, 2020).

Degré d'incertitude

Compte tenu de l'augmentation de la disponibilité et de la qualité des images d'observations de la Terre et des informations complémentaires recueillies au fil du temps, l'incertitude liée à l'estimation globale de la superficie totale convertie pour l'extraction de tourbe a été réduite grâce aux zones cartographiées pour la période de 2013. Cependant, il y a beaucoup d'incertitudes associées à la détermination des sous-catégories d'aménagement des terres. L'incertitude liée aux statistiques de l'Association des producteurs de tourbe du Canada pour 2015 découle d'interprétations différentes des définitions des catégories d'aménagement des terres (p. ex. la restauration) et d'une couverture incomplète des terres non aménagées par les membres de l'Association.

Les mesures des GES propres aux pays pour les différentes catégories de sites désaffectés sont insuffisantes. Par conséquent, les coefficients d'émission ne représentent peut-être pas la gamme complète des techniques de réaménagement et de restauration et ne rendent pas compte de tous les résultats obtenus. La forte variation de la teneur en humidité des produits de tourbe pourrait contribuer de façon considérable au degré d'incertitude lié aux estimations des émissions de CO₂ hors site attribuables à la tourbe récoltée.

A3.5.6.2. Terres submergées

Approche générale et méthodes

Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, on a estimé les émissions déclarées dans la sous-catégorie des Terres converties en terres humides (création de terres submergées, notamment des réservoirs) pour tous les réservoirs qui ont été submergés depuis moins de 10 ans. Seules les émissions de CO₂ sont déclarées. Une méthode de niveau 2 du GIEC a été utilisée, établissant des coefficients d'émission de CO₂ spécifiques à chaque pays en fonction des mesures décrites ci-dessous (Blain et al., 2014). On estime que la méthode par défaut, qui présume que tout le C de la biomasse est émis au moment de la submersion, a pour effet de surestimer les émissions immédiates associées à la conversion des forêts résultant de la création d'un réservoir, étant donné que la majeure partie de la biomasse de la végétation submergée ne se décompose pas avant longtemps.

Deux méthodes complémentaires d'estimation ont servi à comptabiliser les flux de GES des terres submergées, selon les pratiques de conversion des terres. Lorsqu'il y avait des preuves de déboisement ou de brûlage avant la submersion, on a estimé les émissions immédiates et résiduelles de tous les réservoirs de C en utilisant le MBC-SFC3 (voir la section A3.5.2.1). Les émissions associées au déboisement en vue de l'aménagement d'infrastructures sont déclarées dans la sous-catégorie des Terres forestières converties en établissements. Les émissions résultant de l'utilisation et de l'élimination des produits ligneux récoltés avant la mise en eau sont déclarées dans la catégorie des Produits ligneux récoltés (voir la section A3.5.3).

En l'absence de preuves de déboisement, on a supposé que la totalité de la végétation était simplement submergée, conduisant à l'émission, sous forme de CO₂, d'une fraction du C submergé à partir de la surface du réservoir. La proportion de la superficie submergée qui était auparavant boisée a été utilisée pour attribuer les émissions soit à la sous-catégorie des Terres forestières converties en terres submergées, soit à la sous-catégorie des Autres terres converties en terres submergées.

Depuis 1993, des mesures des flux de CO₂ ont été prises au-dessus de 57 réservoirs hydroélectriques dans quatre provinces : le Québec, le Manitoba, la Colombie-Britannique et Terre-Neuve-et-Labrador (Duchemin, 2006). Dans la plupart des études, les réservoirs étaient situés dans des bassins hydrographiques peu touchés par l'activité humaine, à l'exception notoire de ceux du Manitoba. Dans presque tous les cas, on a uniquement mesuré les flux diffusifs de CO₂, de CH₄ ou de N₂O (par ordre de fréquence). Les études sur l'ébullition, les émissions de dégazage et les émissions hivernales sont rares et insuffisantes pour justifier l'établissement de coefficients d'émission propres à chaque pays. Les mesures des flux diffusifs au-dessus de la surface des réservoirs ont été compilées pour l'ensemble du pays. Parmi les réservoirs qui ont fait l'objet de mesures, un sous-ensemble de 34 mesures prises à 25 réservoirs a été retenu pour tracer une courbe d'émissions nationales pour la période de 50 ans qui a suivi la construction du barrage (Figure A3.5–18). Les mesures ont été choisies en fonction des documents dont on disposait sur les procédures de

mesure et la comparabilité des mesures. Il importe de signaler que chacune de ces mesures (données ponctuelles à la Figure A3.5–18) représente en moyenne l'intégration de 8 à 28 échantillons de flux par réservoir. Une analyse de régression non linéaire a servi à paramétrer la courbe d'émissions suivante :

Équation A3.5–25

$$CO_2 \text{ taux } L_{\text{réservoirs}} = b_0 + b_1 \times \ln(t)$$

$CO_2 \text{ taux } L_{\text{réservoirs}}$	=	taux des émissions de CO_2 des Terres converties en terres submergées (réservoirs), en $mg \text{ m}^{-2}$ par jour
b_0, b_1	=	paramètres de courbe, sans dimension
t	=	temps écoulé depuis la submersion, en années

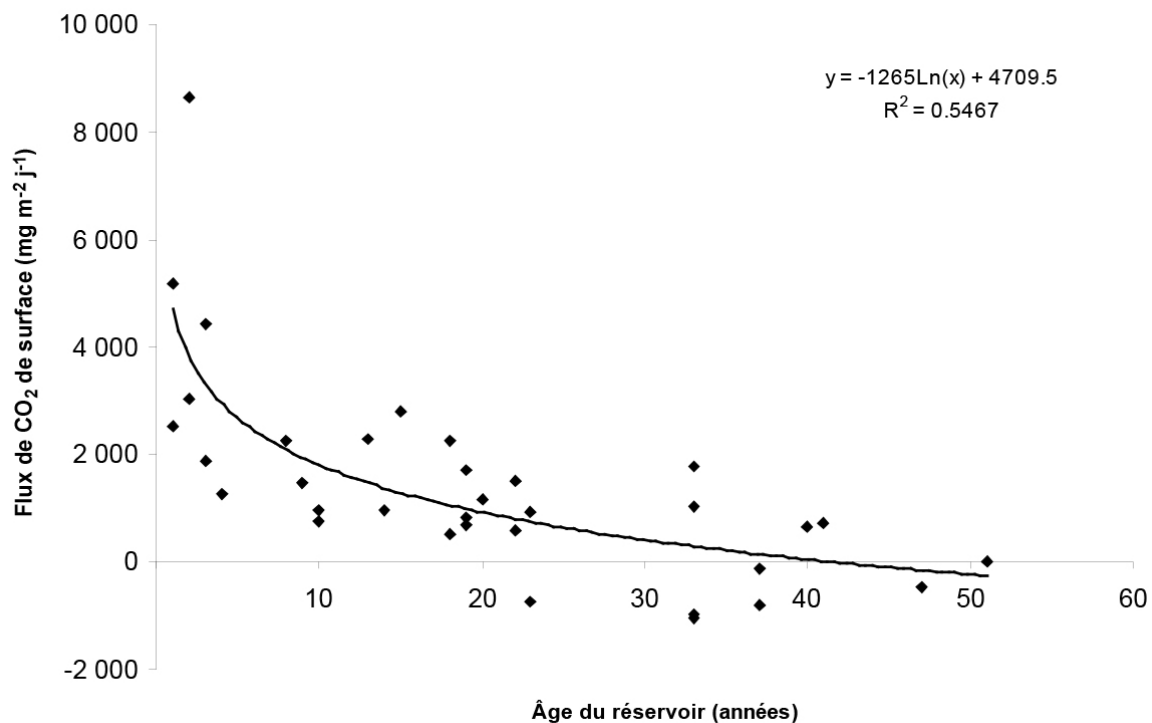
Les émissions totales de CO_2 de la surface des réservoirs ont été estimées comme étant la somme de toutes les émissions des réservoirs submergés depuis 10 ans ou moins :

Équation A3.5–26

$$CO_2 L_{\text{réservoirs}} = \sum (CO_2 \text{ taux } L_{\text{réservoir}} \times A_{\text{réservoir}} \times \text{Jours}_{\text{sans glace}} \times 10^{-8})$$

$CO_2 L_{\text{réservoirs}}$	=	émissions des terres converties en terres submergées (réservoirs), en $Gg \text{ CO}_2 \text{ an}^{-1}$
$CO_2 \text{ taux } L_{\text{réservoirs}}$	=	taux des émissions de CO_2 de chaque réservoir, en $Mg \text{ m}^{-2}$ par jour
$A_{\text{réservoir}}$	=	superficie du réservoir, en ha
$\text{Days}_{\text{sans glace}}$	=	nombre de jours sans glace, en jours
10^{-8}	=	facteur de conversion de Mg à Gg

Figure A3.5–18 Courbe logarithmique rajustée en fonction des coefficients nationaux d'émission des réservoirs



La superficie des réservoirs a servi de meilleure estimation disponible de la superficie convertie en terres submergées aménagées (réservoirs), même si, en réalité, les réservoirs peuvent contenir des îles, c'est-à-dire des terres émergées. La période sans glace se définit comme le nombre moyen de jours entre la date observée de prise des glaces et la date de bris de la glace sur un plan d'eau (Magnuson et al., 2000). Dans le cas des réservoirs hydroélectriques, les emplacements ont été cartographiés et les estimations de la période sans glace ont été établies à partir de la carte d'isolignes de la période sans glace des lacs du Canada (RNCan, 1974).

On a calculé les émissions à partir de l'année où s'est achevé le remplissage du réservoir. Les réservoirs mettent au minimum un an à se remplir après l'achèvement d'un barrage, à moins d'indication contraire. Étant donné que les émissions de CO₂ provenant de la surface des réservoirs ne sont déclarées que pour les 10 ans qui suivent la construction des réservoirs, tous les événements de submersion postérieurs à 1980 ont été utilisés.

Sources de données

Les trois principales sources des données qui ont servi à estimer la superficie sont : les renseignements sur la conversion des forêts attribuable à la construction des réservoirs dans les zones de déclaration 4 (Bouclier de la taïga est) et 5 (Bouclier boréal est) (voir la section A3.5.2.10, Conversion des forêts); le Répertoire des réservoirs canadiens (Duchemin, 2002) et les données officielles de l'industrie, provenant de la correspondance de l'industrie (Eichel, 2006)¹².

Le Répertoire des réservoirs canadiens contient des renseignements sur 282 réservoirs hydroélectriques. On a consulté les données des services publics hydroélectriques provinciaux et privés afin d'actualiser la base de données et de contre-vérifier la date de construction des réservoirs et la superficie totale de tous ces réservoirs. Dans certains cas, la base de données déclarait comme nouvelles installations certains sites de petite taille réaffectés à la production d'hydroélectricité dans la province de Québec qui sont entrés en service sous une nouvelle administration. C'est pourquoi une catégorie distincte a été ajoutée à la base de données pour illustrer à la fois la construction originale et l'entrée en service d'un barrage et la date à laquelle une installation hydroélectrique a été remise en état sans qu'aucun changement ne survienne dans la superficie du réservoir.

Il importe de signaler que les changements de la superficie des Terres converties en terres submergées (réservoirs) déclarés dans les tableaux du CUPR ne sont pas indicatifs de changements dans les taux de conversion actuels, mais reflètent plutôt la différence entre les superficies converties récemment (il y a moins de 10 ans) en réservoirs et les réservoirs plus vieux (plus de 10 ans) dont les superficies ont été retirées de la comptabilisation. Le système de déclaration n'englobe pas la superficie de tous les réservoirs du Canada, laquelle est observée séparément dans le Répertoire des réservoirs canadiens.

Degré d'incertitude

Une courbe temporelle reflète mieux la tendance à la baisse des émissions après la construction d'un barrage qu'un coefficient d'émission unique. C'est ainsi que la démarche propre à chaque pays devrait réduire le degré d'incertitude des coefficients d'émission. Toutefois, d'importantes sources résiduelles d'incertitude demeurent :

- **Variabilité saisonnière** : Certains réservoirs présentent une variabilité saisonnière marquée des flux de CO₂, dont on ne tient pas compte dans l'établissement des estimations. Selon certaines indications anecdotiques, la prolifération d'algues au printemps pourrait expliquer cette variabilité, en particulier dans les réservoirs qui reçoivent des éléments nutritifs d'origine humaine.
- **Superficie du réservoir** : Il y a certaines variations quant à la superficie des réservoirs en raison des fluctuations du niveau d'eau durant l'année.
- **Voies d'émission** : Des voies potentiellement importantes d'émission de CO₂, comme le dégazage, peuvent être omises.

A3.5.7. Établissements

Cette catégorie comprend les estimations des absorptions de CO₂ par les Établissements dont la vocation n'a pas changé (puits de C des arbres urbains) et les émissions découlant des Terres converties en établissements (conversion de terres forestières et de prairies non aménagées en établissements). Les sections suivantes comprennent la description des démarches élaborées pour estimer la séquestration nette du C par les arbres en milieu urbain et les émissions résultant de la conversion de terres non forestières (toundra ou prairies non aménagées) en établissements dans les régions arctique et subarctique du Canada et la superficie des Terres cultivées converties en établissements. Les démarches, les méthodes et la provenance des données utilisées pour estimer les émissions résultant de la conversion des Terres forestières en établissements sont abordées aux sections A3.5.2.1 et A3.5.2.10.

¹² Tremblay, A. Hydro-Québec. 2010. Communication personnelle à Dominique Blain, Environnement et Changement climatique Canada, 19 novembre 2010.

A3.5.7.1. Établissements dont la vocation n'a pas changé

Approche générale et méthodes

Au Canada, l'aménagement et la surveillance des arbres urbains sont effectués à l'échelle de chaque municipalité, et il n'y a pas d'autorité ni d'organisation centralisée chargée de compiler les données sur les arbres urbains à l'échelle nationale. Compte tenu du manque d'information précise sur les classes d'essences et des ressources considérables nécessaires à l'élaboration d'une telle base d'information, une méthode fondée sur la superficie du couvert arboré urbain a été élaborée pour estimer la séquestration du CO₂ par les arbres urbains au Canada. La méthode implique l'échantillonnage de photos aériennes numériques et d'images satellites à haute résolution pour estimer la proportion du couvert arboré urbain dans les principales régions urbaines au Canada. La croissance des arbres urbains au Canada a été estimée à l'aide d'une méthode de niveau 2A du GIEC (GIEC, 2006) :

Équation A3.5-27

$$\Delta C_g = \sum ST \times CVT$$

ΔC_g	=	accumulation annuelle de C attribuée à l'augmentation de la biomasse des arbres urbains dans les Établissements dont la vocation n'a pas changé, tonnes C an ⁻¹
ST	=	superficie totale du couvert arboré urbain, ha
CVT	=	taux de croissance basé sur la superficie de couvert forestier urbain, tonnes C (ha de couvert arboré) ⁻¹ an ⁻¹

La superficie urbaine totale au Canada en 2012 a été estimée au moyen des limites de la couche numérique des limites¹³ des lieux habités de 2011 de Statistique Canada, étant donné qu'il s'agit de la délimitation la plus uniforme disponible à l'échelle nationale des régions urbaines. Les limites urbaines de 1990 sont basées sur la couche de polygones de Statistique Canada de 1990, qui était alors modifiée manuellement selon des interprétations visuelles des photos aériennes et de l'ensemble de données d'images orthorectifiées de la couverture des terres GeoCover de 1990 (MDA-Federal, 2004) afin de réduire les erreurs de délimitation connues (Statistique Canada, 2010). La couche des zones urbaines en 1990 ainsi obtenue représentait une superficie totale (1,53 Mha) inférieure à la superficie urbaine totale déterminée en 2012. Parmi les 947 agglomérations (2,42 Mha) au Canada, 69 agglomérations (1,53 Mha) de plus de 30 000 habitants ont été extraites de l'ensemble de données de Statistique Canada. Ce sous-ensemble englobait toutes les grandes villes canadiennes et représentait respectivement 62 % et 67 % de la superficie urbaine totale en 1990 et en 2012. De plus, ce sous-ensemble comprend des centres urbains qui représentaient environ 79 % et 76 % de la population canadienne en 1990 et 2012, respectivement (Statistique Canada, 2011; McGovern et Pasher, 2016). Bien que les agglomérations sélectionnées ne représentent pas complètement tous les lieux habités au Canada, bon nombre de petites collectivités laissées de côté font partie d'une matrice globale de terres forestières ou agricoles qui peuvent être prises en compte dans d'autres catégories de terres.

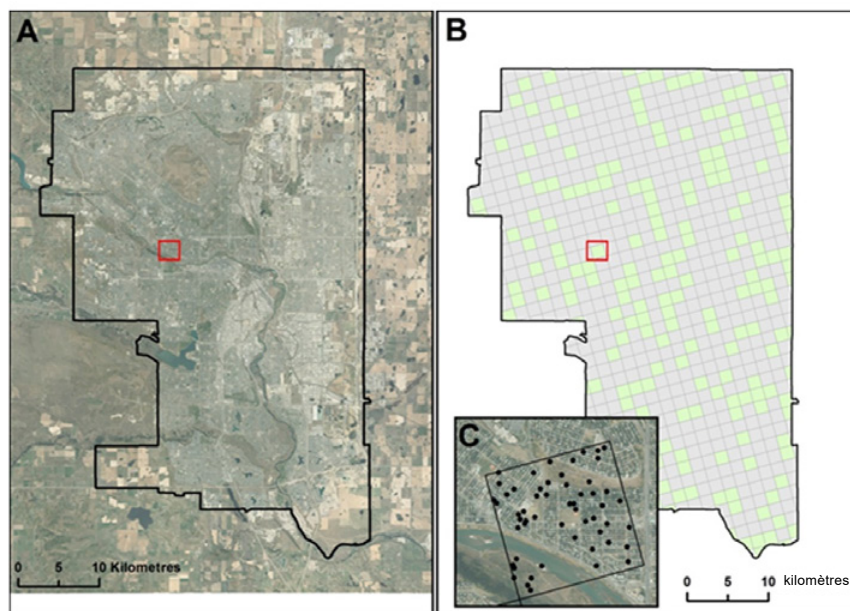
Les 69 agglomérations ont été affectées spatialement à 18 des 60 UR (voir la section A3.5.1). Ces 18 UR englobaient 97 % et 99 % de la superficie et de la population totales, respectivement, de l'ensemble des 947 agglomérations. La proportion estimée du couvert arboré urbain de chaque UR a été déterminée au moyen d'une méthode d'échantillonnage ponctuel (Pasher et al., 2014). Une méthode fondée sur les mailles de la grille a été appliquée pour assurer une distribution spatiale adéquate des mailles d'échantillonnage (Figure A3.5-19). Des points aléatoires, dont la densité était de 55 points/km² sur les photos aériennes numériques ou les images satellites à haute résolution, ont été interprétés manuellement et classés dans des catégories générales de couvert arboré et de couvert non arboré.

Les mêmes emplacements des points d'échantillonnage ont été utilisés pour les évaluations du couvert arboré urbain de 1990 et de 2012, bien que les mailles et les points d'échantillonnage se trouvant à l'extérieur des limites urbaines de 1990 n'ont pas été inclus afin de s'assurer que l'échantillonnage était restreint de façon à représenter les zones urbaines pour cette période. Un processus de contrôle de la qualité a été mis en œuvre qui impliquait des vérifications aléatoires par d'autres interprètes ou une réinterprétation. Le pourcentage de couvert arboré urbain pour chaque UR a été calculé comme la proportion de tous les points correspondant à un couvert arborescent par rapport au nombre total de points évalués à l'intérieur de l'UR. L'estimation du couvert arboré urbain à l'échelle nationale s'élevait à 29 % en 1990 et à 27 % en 2012.

La superficie totale du couvert arboré urbain pour chaque UR a été estimée en multipliant le pourcentage du couvert arboré urbain par les estimations de la superficie urbaine totale pour l'UR connexe en 1990 et en 2012. Bien que la superficie urbaine ait augmenté de 6 % entre 1990 et 2012, l'estimation nationale du couvert arboré a peu changé, les tendances présentant une

13 Statistique Canada. Données spatiales et information sur les lieux habités disponibles à l'adresse : <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/geo/bound-limit/bound-limit-2011-fra.cfm>.

Figure A3.5–19 **Grilles d'échantillonnage et points d'échantillonnage ponctuel superposés à des photos aériennes géoréférencées**



Note : Image de fond : A) délimitation de la zone urbaine de Calgary (Alberta); B) mailles de 1 km × 1 km représentant un taux d'échantillonnage de 25 % – les mailles choisies au hasard sont en vert; C) vue rapprochée d'une maille (20 points d'échantillonnage par km²). Orthophoto gracieusement fournie par la Ville de Calgary.

certaines variations à l'échelle régionale. Les gains de la superficie du couvert arboré (p. ex. la croissance et la plantation d'arbres) et les pertes (p. ex. l'enlèvement et la mortalité d'arbres et le changement d'affectation des terres urbaines) s'équilibrent de façon générale.

Les valeurs du taux de croissance basé sur la superficie du couvert forestier urbain (CVT) pour les 18 UR (voir le Tableau A6.5-8) sont tirées d'évaluations menées dans 16 villes canadiennes à l'aide de la même méthode qu'ont utilisée les États-Unis pour élaborer les valeurs du CVT. Pour les UR dont les villes n'ont pas été évaluées selon cette approche, on a utilisé des valeurs de villes de remplacement se trouvant dans des UR canadiennes similaires sur le plan écologique, sauf pour l'UR 41 Maritime du Pacifique, pour laquelle on a utilisé l'évaluation réalisée à Seattle, aux États-Unis (Steenberg et al., 2021). Afin de déterminer les taux de séquestration brute, ces évaluations tiennent compte des espèces d'arbres, de leur âge et des conditions environnementales de chaque UR. On a estimé que la séquestration nette du C représentait 74 % de la séquestration brute, prenant en compte les caractéristiques de croissance des arbres urbains et la mortalité et la décomposition des arbres (Nowak et al., 2013). Ces taux de croissance et de séquestration sont appliqués aux 18 UR et, par conséquent, les estimations de la superficie du couvert arboré urbain sont le principal déterminant des estimations des absorptions globales. On a procédé par interpolation et extrapolation pour élaborer une série chronologique cohérente pour la période depuis 1990 jusqu'à l'année d'inventaire en cours.

Une analyse des arbres urbains (Arbres Canada, 2019) laisse supposer qu'environ 13 % de la biomasse issue des arbres morts dans les centres urbains est utilisée pour le bois de chauffage. Par conséquent, le volume de bois de chauffage récolté à partir des arbres urbains a été estimé en multipliant les stocks de C pour les centres de population individuels par un taux de mortalité estimé de 2,4 % des arbres urbains (Arbres Canada, 2018) et on présume que 13 % de C attribuables aux arbres morts sont utilisés comme bois de chauffage (Arbres Canada, 2019). Le bois de chauffage a été regroupé par UR et présumé approvisionner une portion de la demande de bois de chauffage estimée à partir des enquêtes sur la consommation décrites à la section A3.5.3. Pour éviter la double comptabilisation des émissions entre les catégories Établissements et Produits ligneux récoltés, la quantité de C transférée au réservoir des PLR a été attribuée à la différence entre les taux de séquestration annuels bruts et nets estimés selon le modèle de i-Tree Eco. Par conséquent, le puits de C dans la catégorie Établissements est apparemment augmenté en raison de la combustion de ce C comme bois de chauffage résidentiel déclaré dans la catégorie Produits ligneux récoltés.

Degré d'incertitude

Les incertitudes liées aux estimations de la superficie des zones urbaines, du couvert arboré urbain et du taux de séquestration du C contribuent au degré d'incertitude global des estimations et des absorptions de CO₂ par les arbres urbains. Le résultat de ces incertitudes combinées au moyen d'une analyse de Monte-Carlo de niveau 2, associée à chacune des UR à l'aide des données sur les arbres urbains recueillies sur le terrain au Canada et à Seattle, fournit une incertitude totale de 38 % pour 1990 et pour 2012. L'estimation de l'incertitude ne comprend pas l'erreur d'estimation découlant de l'utilisation des équations ou des facteurs de conversion liés à la biomasse, ni l'erreur de mesure (Nowak et al., 2013).

Les incertitudes liées à la superficie des zones urbaines en 1990 et en 2012 n'ont pas été quantifiées par Statistique Canada. Une estimation d'erreur de 10 % a été utilisée pour la superficie des zones urbaines en 2012, conformément à la méthode utilisée dans le rapport d'inventaire national des GES des États-Unis de 2012 (U.S. EPA, 2013). On a supposé, compte tenu de l'avis d'experts, que l'erreur liée à l'estimation de la superficie des zones urbaines en 1990 était, à 15 %, légèrement plus élevée qu'en 2012. Cette méthode est semblable à l'estimation du degré d'incertitude pour la délimitation (15 %) utilisée pour le calcul des estimations de la conversion des forêts (Leckie, 2011).

Le degré d'incertitude lié aux estimations du couvert arboré urbain était fondé sur l'écart type de la méthode d'échantillonnage calculé pour chaque période d'échantillonnage (1990 et 2012). Les estimations du couvert arboré urbain présentaient des écarts types faibles (0,2 % pour l'estimation du couvert arboré urbain national), compte tenu du nombre très élevé de points d'échantillonnage utilisés.

A3.5.7.2. Terres cultivées converties en établissements

Sources des données

L'accroissement urbain et l'expansion industrielle ont été l'un des principaux moteurs de la conversion des terres cultivées en établissements au Canada. La superficie des terres cultivées converties en établissements a été calculée en fonction des cartes d'utilisation des terres pour 1990, 2000 et 2010 préparées par Huffman, et al. (2015a). Les zones converties pour les périodes 1990–2000 et 2000–2010 ont été calculées au moyen de l'analyse spatiale pour chaque UR et divisées par le nombre d'années afin d'établir le taux de conversion annuel constant. Les zones converties ont été extrapolées après 2010. La superficie totale des Terres cultivées converties en établissements au cours des périodes 1990–2000 et 2000–2010 était de 184 kha et 115 kha, respectivement. La majorité des changements étaient attribuables à l'accroissement urbain dans les zones de déclaration 7 (Plaines à forêts mixtes) et 11 (Prairies subhumides), notamment dans les grandes villes densément peuplées, comme Toronto, Hamilton, Oshawa, Montréal et Edmonton.

Degré d'incertitude

Étant donné que les taux de conversion les plus élevés sont attribuables à l'accroissement urbain, une évaluation indépendante des superficies converties a été menée en comparant la couverture terrestre de chaque carte à une interprétation visuelle d'images orthorectifiées du satellite Landsat pour les centres urbains. La stratégie d'échantillonnage pour la présente évaluation consistait à effectuer l'analyse des cinq principales régions métropolitaines de recensement (RMR¹⁴), qui contribuent à 45 % de la conversion des terres cultivées en établissements. Les polygones du recensement de 2011 ont été utilisés pour définir la limite de chaque RMR. Plus de 400 points aléatoires stratifiés ont servi à vérifier la classe de couverture terrestre dans les zones où il y a des exemples de Terres cultivées converties en établissements séparées par une distance minimale de 1 km, pour éviter les erreurs statistiques. L'unité de cartographie minimale pour l'analyse de la précision a été définie comme un cercle d'un rayon de 100 m pour éviter les erreurs dues à la présence de bruit dans chaque carte classifiée. La classe de chaque emplacement a été attribuée selon la classe de la majorité des pixels, pour tenir compte des changements d'utilisation des terres. On a obtenu une précision globale de 80 % et 84 % pour les superficies touchées par des changements établis à partir de ces cartes. Cela concorde avec l'évaluation de l'exactitude réalisée dans Huffman et al. (2015a).

A3.5.7.3. Prairies converties en établissements

Approche générale et méthode

Près de la moitié de la masse continentale du Canada se trouve dans les régions arctique et subarctique et englobe toutes les catégories de terres (GIEC, 2006), à l'exclusion des Terres cultivées. Une démarche a été expressément conçue pour saisir les émissions associées aux changements d'affectation des terres en cernant les facteurs et en quantifiant les stocks de C dans la biomasse de ce paysage aussi vaste qu'éloigné. Cette démarche comporte les éléments suivants : i) la numérisation manuelle des polygones d'affectation des terres dans les régions arctique et subarctique du Canada pour les années 1990, 2000 et 2010, en fonction de l'imagerie Landsat orthorectifiée et l'évaluation des changements d'affectation des terres sur

14 Ce terme a été défini par Statistique Canada comme étant la zone consistant en une ou plusieurs municipalités voisines avec une population de 100 000 habitants ou plus.

une superficie d'environ 359 millions d'hectares, y compris les zones de déclaration 1 (Cordillère arctique), 2 (Arctique-Haut), 3 (Arctique-Bas), 4 (Bouclier de la taïga est), 5 (Bouclier boréal est), 8 (Plaines hudsoniennes), 10 (Plaines boréales), 13 (Taïga des plaines), 16 (Cordillère boréale), 17 (Taïga de la Cordillère) et 18 (Bouclier de la taïga ouest), au nord du 60^e degré de latitude Nord; et ii) une estimation de la biomasse aérienne fondée sur les échantillons de terrain prélevés dans les régions arctique et subarctique du Canada pour la période 2004–2010, qui couvre la partie nord de la Cordillère boréale, la Taïga des plaines, la Taïga du Bouclier (est et ouest), l'Arctique (sud et nord) et la Cordillère Arctique.

Une analyse détaillée et exhaustive de l'affectation des terres vers les années 1990, 2000 et 2010 a été effectuée en fonction de l'interprétation des images, suivie d'une numérisation manuelle des sites faisant l'objet de changements (McGovern et al., 2016). Une vaste gamme de perturbations anthropiques telles que des pistes d'atterrissage, des routes, des lignes électriques, des lignes sismiques, des zones urbaines, des mines, des réservoirs et même de plus petits éléments comme des sites de puits et des zones dégagées en bordure de route ont été identifiées grâce à des images exemptes de neige et de glace. Une analyse des ensembles actuels de données SIG indiquant la présence d'activités anthropiques a permis de guider la recherche des secteurs présentant de fortes probabilités de changement d'affectation des terres. On a ensuite étendu la cartographie à l'extérieur de ces régions en fonction des observations de perturbations additionnelles. L'ensemble de données spatiales ainsi produit a fourni la cartographie la plus exhaustive et complète des perturbations anthropiques dans le nord du Canada, fondée sur les activités de cartographie précédentes des perturbations de la zone boréale menées par ECCC. Un guide d'interprétation semblable à celui qui a été produit pour le SCF (Dyk et al., 2015) a permis d'assurer l'uniformisation de la détection, de la numérisation et de la catégorisation des perturbations. Au total, 1 135 scènes ont été interprétées (395 pour 1990, 348 pour 2000 et 392 pour 2010).

Les changements d'affectation des terres ont été établis en fonction de la différence entre les zones de polygone pour chaque date, ce qui a produit une zone de changement entre les périodes (1990–2000, 2000–2010), qui a été divisée par le nombre total d'années de la période, afin d'obtenir un taux de changement annuel constant. Le même taux annuel de changements d'affectation des terres a été appliqué aux années antérieures à 1990 et postérieures à 2010. Le type d'affectation des terres avant la conversion pour chacun des polygones d'affectation des terres était fondé sur les cartes de couvertures terrestres disponibles (Wulder et al., 2008; Hermosilla et al., 2016), une interprétation visuelle et des indices de végétation d'images simultanées pour éviter d'inclure des zones dans des catégories d'affectation des terres autres qu'Établissements. De plus, les événements de déforestation au-delà de 60 degrés de latitude ont aussi servi à confirmer que les Terres forestières converties en établissements ont été exclues, pour éviter une double comptabilisation.

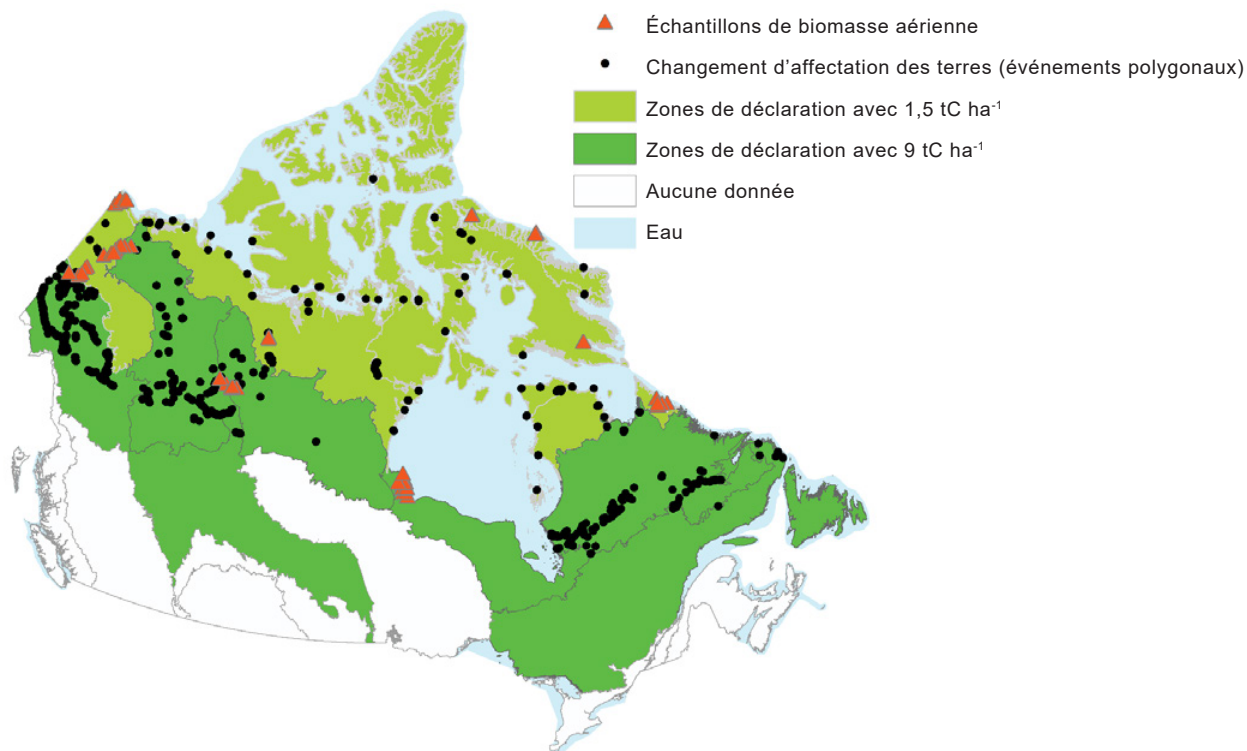
Les pertes de biomasse ont été calculées à partir d'une analyse statistique des échantillons de terrain recueillis dans le cadre de levés dans le Nord canadien entre 2004 et 2011 (Figure A3.5–20). Plus de 116 échantillons ont été prélevés dans différents types de couvertures terrestres (p. ex., arbustes, toundra à herbacées, terres humides, forêt et terre stérile) dans huit zones de déclaration. La végétation dans cette région consiste en des îlots boisés répartis dans la Cordillère boréale et la Taïga des plaines, mais il s'agit surtout de végétation basse composée d'arbustes épars, d'un mélange d'herbes et d'arbustes nains, de lichen, de touffes de carex raide, de sols nus et de toundra de saule arctique pour les autres zones de déclaration. En raison de la diversité des types de végétation et de paysage dans cette région, les échantillons de terrain en forêt ont été exclus et les échantillons restants ont été regroupés en deux catégories : végétation haute et basse. Ce regroupement est dû au fait que, après l'examen statistique des valeurs de la biomasse aérienne, les types de végétation échantillonnés présentaient une variabilité importante d'une zone de déclaration à une autre. À des fins de mise en œuvre initiale, on a utilisé la valeur moyenne des échantillons pour les zones de déclaration 1 (cordillère de l'Arctique), 2 (Arctique Nord), 3 (Arctique Sud) et 17 (cordillère de la Taïga) afin d'obtenir une valeur unique de la biomasse aérienne (1,5 t de C ha⁻¹) qui a été appliquée à l'ensemble des zones comprenant une végétation « basse ». De même, une valeur moyenne unique (9 t de C ha⁻¹) découlant de tous les échantillons recueillis dans les zones de déclaration restantes (Taïga des plaines, Taïga du bouclier ouest, Cordillère boréale et Plaines hudsoniennes) a été appliquée aux zones restantes présentant une végétation « haute ». Les zones de déclaration avec des données sur les changements d'affectation des terres, mais sans échantillons de terrain (Taïga du bouclier est, Bouclier boréal est et Plaines boréales) ont été classées dans l'un des deux groupes de végétation basse ou haute d'après une analyse des indices de végétation. Les émissions des changements d'affectation des terres ont été estimées en multipliant la superficie annuelle touchée par des changements d'affectation des terres par un facteur de perte de biomasse propre à chaque terre afin de déterminer les variations des stocks de C. Les taux de changements d'affectation des terres annuels et les émissions pour les années postérieures à 2010 ont été extrapolés à partir de la période 2000–2010, en présumant un taux annuel constant.

Le facteur de biomasse obtenu pour chacun des deux groupes de végétation a été évalué en fonction des caractéristiques de la végétation pour chaque écozone (Marshall et al., 1999) et des valeurs publiées dans la littérature (Shaver et Chapin, 1991; Hudson et Henry, 2009; Gould et al., 2003), puis a été comparé aux valeurs des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour les régions boréales et tempérées. Toutes les activités de changements d'affectation des terres comprenaient une conversion de la végétation de la toundra arctique en des établissements, et tout le C de la biomasse préconversion a été considéré comme émis au moment du déboisement ou de l'enlèvement de la végétation.

Degré d'incertitude

On a utilisé l'approche de la propagation des erreurs pour estimer le degré d'incertitude selon un intervalle de confiance de 95 %. Le pourcentage d'incertitude du volume de biomasse aérienne était de 70 % pour les écozones ayant une végétation basse et de 80 % pour toutes les autres écozones, en tenant compte du coefficient de variation. On a estimé à 30 % le degré d'incertitude associé à la superficie totale touchée par des changements d'affectation des terres, d'après un échantillonnage aléatoire et une interprétation des images. Fondé sur les Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006), un taux d'incertitude de 20 % a été utilisé pour la teneur en C qui, selon les estimations, correspondait à 50 % du poids de la biomasse sèche. Ces valeurs ont été prises en compte dans l'estimation d'un degré d'incertitude global de 87 % pour cette catégorie.

Figure A3.5-20 **Emplacement des événements de changement d'affectation des terres et de la prise d'échantillons de terrain de la biomasse aérienne dans le nord du Canada**



Note : Les zones de déclaration plus au sud sont attribuées à la classe de biomasse 9 tC ha⁻¹, étant donné que certains sites sont situés à la limite nord de ces zones de déclaration.

A3.6. Méthodologie pour le secteur des Déchets

Le secteur des Déchets comprend quatre catégories : Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement), Traitement biologique des déchets solides, Incinération et combustion à l'air libre des déchets, et Traitement et rejet des eaux usées. La présente section de l'annexe 3 décrit en détail les méthodes de comptabilisation utilisées pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) de ces catégories, en particulier pour les catégories et les gaz suivants du secteur des déchets :

- les émissions de méthane (CH_4) attribuables à l'élimination des déchets solides (sites d'enfouissement de déchets solides municipaux et de déchets de bois industriels)
- les émissions de CH_4 et d'oxyde de diazote (N_2O) attribuables au traitement biologique des déchets solides (compostage et digestion anaérobie)
- les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de CH_4 et de N_2O attribuables à l'incinération des déchets (déchets solides municipaux, déchets dangereux, déchets médicaux et boues d'épuration)
- les émissions de CO_2 , de CH_4 et de N_2O attribuables au traitement et au rejet des eaux usées (municipales et industrielles)

A3.6.1. Émissions attribuables à l'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement)

A3.6.1.1. Approche générale et méthodologie

Au Canada, la catégorie de l'Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) comprend deux types de sites d'enfouissement : les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (DSM) et les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels. Le traitement et l'élimination des déchets solides produisent des quantités importantes de CH_4 et de plus petites quantités de CO_2 . Cependant, comme le CO_2 provient principalement de sources biogènes, il n'est pas inclus dans les émissions totales des déchets. Les émissions de N_2O provenant des sites d'enfouissement ne sont pas estimées, car elles ne sont pas significatives, et aucune méthodologie de quantification n'est fournie par le GIEC (GIEC, 2006; GIEC, 2019).

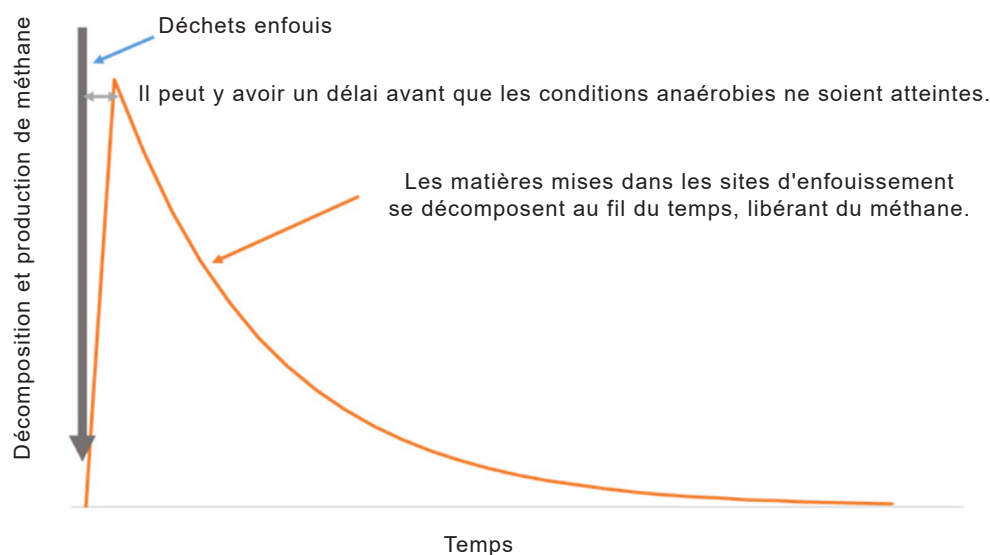
Les émissions des sites d'enfouissement de DSM et de déchets de bois industriels sont calculées séparément à l'échelle provinciale et territoriale. Les émissions des sites d'enfouissement de DSM sont déclarées à la CCNUCC dans la catégorie 5.A.1, Sites d'élimination des déchets solides gérés, tandis que les émissions des sites d'enfouissement de déchets de bois industriels sont déclarées dans les catégories 5.A.1, dans le cas des sites d'enfouissement d'usines de pâtes et papiers, et 5.A.2, Sites d'élimination des déchets solides non gérés, dans le cas des sites d'enfouissement de l'industrie du bois massif.

Le méthane produit par les sites d'enfouissement est calculé selon la méthode de décomposition de premier ordre (DPO), conformément au Chapitre 3 du Volume 5 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, appelé ci-après Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Le modèle DPO considère que les déchets éliminés au cours d'une année donnée se décomposent sur plusieurs décennies à un taux initial élevé, qui diminue au fil du temps (Figure A3.6–1).

Les pratiques de captage, de torchage et d'utilisation des gaz d'enfouissement sont de plus en plus courantes dans les sites d'enfouissement au Canada. Le CH_4 des gaz de sites d'enfouissement captés par les installations est soustrait du total des gaz produits afin de déterminer la quantité rejetée annuellement par les déchets en décomposition. Une petite quantité (0,3 %) du CH_4 brûlé par torchage est incluse dans les estimations d'émissions liées aux déchets, alors que les émissions associées à l'utilisation des gaz de sites d'enfouissement sont déclarées dans le secteur de l'Énergie. La quantité de CH_4 qui demeure non captée et qui est émise par un site d'enfouissement à travers sa couverture est réduite davantage par l'oxydation d'une partie du CH_4 en CO_2 par des bactéries méthanotrophes présentes dans le matériau de couverture.

Le calcul des émissions de CH_4 attribuables aux déchets enfouis est résumé au moyen de l'Équation A3.6–1. Les calculs par étapes qui composent le modèle DPO sont représentés par les équations A3.6–2 à A3.6–5. La production de CH_4 est calculée par matière.

Figure A3.6–1 **Représentation des émissions attribuables à la décomposition de premier ordre associée à l'élimination ponctuelle de déchets dans un site d'enfouissement**



Équation A3.6–1 (modifiée d'après l'équation 3.1 Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$CH_4 \text{ émis}_T = (CH_4 \text{ produit}_T - R_T) \times (1 - OX) + CH_4 \text{ brûlé par torchage}_T \times (1 - Eff_{tor})$$

$CH_4 \text{ émis}_T$	=	CH ₄ émis par les sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
T	=	année d'inventaire
$CH_4 \text{ produit}_T$	=	CH ₄ produit par les déchets enfouis pendant l'année T (en tonnes)
R_T	=	CH ₄ récupéré par le captage des gaz des sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
OX	=	facteur d'oxydation (fraction)
$CH_4 \text{ brûlé par torchage}_T$	=	quantité de CH ₄ brûlé par torchage pendant l'année T (en tonnes)
Eff_{tor}	=	efficacité du torchage (fraction)

Équation A3.6–2 (modifiée d'après l'équation 3.2 des Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$CDD_{m,T} = \text{Déchets éliminés}_{m,T} \times COD_m \times COD_{f,m}$$

$CDD_{m,T}$	=	masse de carbone organique dégradables décomposables d'une matière m éliminée pendant l'année T (en tonnes)
m	=	type de matière de déchet éliminé (p. ex., aliment, papier)
T	=	année
$\text{Déchets éliminés}_{m,T}$	=	masse d'une matière de déchet m éliminée pendant l'année T (en tonnes)
COD_m	=	fraction du carbone organique dégradables dans le type de matière de déchet m
$COD_{f,m}$	=	fraction de COD susceptible de se décomposer ou qui se décompose pour le type de matière de déchet m

Équation A3.6–3 (modifiée d'après l'équation 3.4 des Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$C\text{ODD}ma_T = C\text{ODD}md_T + (C\text{ODD}ma_{T-1} \times e^{-k})$$

T	=	année d'inventaire
$C\text{ODD}ma_T$	=	CODDm (carbone organique dégradables décomposable d'une matière de déchet m) accumulé dans les sites d'enfouissement à la fin de l'année T (en tonnes)
$C\text{ODD}ma_{T-1}$	=	CODDm accumulé dans les sites d'enfouissement à la fin de l'année ($T-1$) (en tonnes)
$C\text{ODD}md_T$	=	CODDm décomposé dans les sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
k	=	constante du taux de décomposition (année ⁻¹)

Équation A3.6–4 (modifiée d'après l'équation 3.5 des Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$C\text{ODD}md_{\text{décomp}}_T = C\text{ODD}ma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

$C\text{ODD}md_{\text{décomp}}_T$	=	CODDm (carbone organique dégradables décomposable d'une matière de déchet m) décomposé dans les sites d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)
T	=	année d'inventaire
$C\text{ODD}ma_{T-1}$	=	CODDm accumulé dans les sites d'enfouissement à la fin de l'année ($T-1$) (en tonnes)
k	=	constante du taux de décomposition (année ⁻¹)

Équation A3.6–5 (éq. 3.6 des Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$CH_4\text{ produit} = C\text{ODD}md_{\text{décomp}}_{mT} \times \text{Frac}CH_4 \times \frac{16}{12} \times FCM$$

$CH_4\text{ produit}$	=	quantité de CH_4 produite à partir de la matière décomposable
$C\text{ODD}md_{\text{décomp}}_{mT}$	=	CODDm (carbone organique dégradables décomposable d'une matière de déchet m) décomposé pendant l'année T (en tonnes).
$\text{Frac}CH_4$	=	fraction de CH_4 , par volume, contenue dans les gaz d'enfouissement.
$16/12$	=	rapport moléculaire pondéral CH_4/C
FCM	=	facteur de correction du méthane

Les paramètres d'équation utilisés, dont les valeurs de carbone organique dégradables (COD) selon la matière et le carbone organique dégradables qui se décompose (CODf) et les constantes du taux de décomposition, sont présentés dans la section A3.6.1.2 pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux et la section A3.6.1.3 pour les sites d'enfouissement de déchets de bois industriels. Pour plus de détails sur les paramètres eux-mêmes, comme la façon dont ils sont élaborés et des conseils sur le choix des valeurs appropriées, voir le Chapitre 3 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

A3.6.1.2. Sites d'enfouissement des déchets solides municipaux (DSM)

A3.6.1.2.1. Paramètres du modèle pour les sites d'enfouissement de DSM

Carbone organique dégradables

Le carbone organique dégradables (COD) représente la quantité de carbone organique dans les déchets qui est disponible pour la décomposition. Il constitue une caractéristique des matières éliminées dans les sites d'enfouissement. Le COD est généralement mesuré comme étant une fraction du poids humide des déchets, à l'exception des boues d'épuration qui sont mesurées en poids sec. Le COD total est déterminé par la composition des déchets introduits dans le site d'enfouissement. Les valeurs de COD selon la matière utilisée sont présentées dans le Tableau A3.6–1.

Fraction de carbone organique dégradable qui se décompose

Le carbone organique dégradable qui se décompose (COD_f) est une estimation de la fraction de COD dans les déchets qui se décomposent réellement dans les sites d'enfouissement. Les valeurs du COD_f selon la matière sont tirées principalement de la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2019). Ces valeurs sont présentées dans le Tableau A3.6–1.

Facteur de correction du méthane

Le facteur de correction du CH₄ (FCM) tient compte de la décomposition des déchets dans le cadre de différentes pratiques de gestion. Il sert à tenir compte du fait qu'une portion plus élevée de CH₄ est produite dans les conditions anaérobies présentes dans les sites d'enfouissement gérés par rapport aux sites d'enfouissement non gérés, qui produisent généralement moins de CH₄ à partir d'une quantité donnée de déchets (GIEC, 2006). Tous les sites d'enfouissement de DSM au Canada sont présumés être des sites d'enfouissement gérés en environnement anaérobie (FCM = 1,0).

Tableau A3.6–1 **Contenu de carbone organique dégradable (COD) de déchets et fraction de carbone organique dégradable qui se décompose (COD_f)**

Matière	COD	Source de COD	COD _f	Source de COD _f
Aliments	0,15	GIEC (2006)	0,70	GIEC (2019)
Papier	0,40		0,50	
Bois	0,43		0,10	
Déchets de jardinage	0,20		0,70	
Textiles	0,24		0,50	
Textiles – naturels	0,40			
Textiles – synthétiques	0,00			Inerte
Cuir	0,39		0,10	Estimation d'ECCC selon laquelle le cuir se décompose moins bien
Caoutchouc	0,39		0,00	GIEC (2006), note de bas de page du tableau 2.4 (Les caoutchoucs naturels ne se décomposent pas dans les sites d'enfouissement)
Caoutchouc et cuir	0,39		0,05	Mélange de caoutchouc et de cuir présumé à 50/50
Terre	0,03	Estimation d'ECCC	0,10	Estimation d'ECCC selon laquelle la terre se décompose moins bien
Papier souillé	0,40		0,50	GIEC (2006), (2019) valeur par défaut (déchets en vrac)
Couches	0,24	GIEC (2006)	0,50	
Déchets d'animaux de compagnie	0,24	Estimation d'ECCC	0,50	
Débris de construction	0,22	Estimation d'ECCC	0,10	
Plastiques	0,00	GIEC (2006)	0,00	Inerte
Verre				
Métaux				
Béton				
Déchets dangereux				
Huiles, peintures et solvants				
Asphalte				
Appareils électroniques				
Cendres				
Boues (poids humide)	0,06	Analyse d'ECCC (moyenne pondérée)	0,70	GIEC (2019, 19R_V5_Waste_Model.xls)
Boues (poids sec)	0,40	GIEC (2019)		
Boues non-traitées (poids humide)	0,50			
Boues non-traitées (poids sec)	0,05			
Boues traitées (poids humide)	0,30			
Boues traitées (poids sec)	0,10			
Boues industrielles	0,09	GIEC (2019)		
Autres – résidentiel	0,10	Estimation d'ECCC	0,50	GIEC (2006, 2019) valeur par défaut (déchets en vrac)
Autres – ICI	0,05			
Autres – CD	0,00			
Autres – inconnu	0,05			
Autres (matières inertes)	0,00		0,00	Inerte

Constante du taux de décomposition (k)

La constante du taux de décomposition, k , représente la vitesse à laquelle le CH_4 est produit lors de la réaction de DPO après que les déchets ont été éliminés dans le site d'enfouissement. La valeur de k peut varier, entre autres, en fonction de la teneur en humidité, la disponibilité des éléments nutritifs, la température et le pH. Les constantes du taux de décomposition indiquées dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour les zones climatiques boréales tempérées humides et sèches sont utilisées (GIEC, 2006). Les climats « humides » et « secs » sont définis selon le rapport de précipitations annuelles moyennes à l'évapotranspiration potentielle. Les climats humides sont définis comme ayant des précipitations annuelles moyennes supérieures à l'évapotranspiration potentielle, tandis que les climats secs sont définis comme ayant des précipitations annuelles moyennes inférieures à l'évapotranspiration potentielle. Les constantes du taux de décomposition selon la matière, par climat, sont présentées dans le Tableau A3.6–2. Il est question des estimations des déchets éliminés dans des sites d'enfouissement par zone climatique, pour chaque province, dans la section A3.6.1.2.2.

L'application des constantes du taux de décomposition par type de matière, plutôt que comme moyennes globales pour tous les déchets, améliore l'estimation de la production de méthane en ce qui concerne les différences entre les matières et les variations dans la composition des déchets au fil du temps. Par exemple, les déchets alimentaires ont une constante du

Tableau A3.6–2 Constantes du taux de décomposition et demi-vies des déchets, par climat

Matière	Taux de décomposition, k (année ⁻¹)		Demi-vie (année)		Source
	Sec	Humide	Sec	Humide	
Aliments	0,06	0,185	12	4	GIEC (2006)
Papier	0,04	0,06	17	12	
Textiles	0,04	0,06	17	12	
Textiles – naturels	0,04	0,06	17	12	
Textiles – synthétiques	0	0	0	0	Inerte
Bois	0,02	0,03	35	23	GIEC (2006)
Déchets de jardinage	0,05	0,1	14	7	
Papier souillé	0,05	0,1	14	7	Estimation d'ECCC (équivalent au 'Papier')
Caoutchouc	0	0	0	0	Inerte dans les sites d'enfouissement (GIEC [2006], note au bas du tableau 2.4)
Cuir	0,02	0,03	35	23	Estimation d'ECCC selon laquelle le cuir se dégrade lentement
Caoutchouc et cuir	0,02	0,03	35	23	
Couches	0,05	0,1	14	7	GIEC (2006)
Déchets d'animaux de compagnie	0,06	0,185	12	4	
Terre	0,02	0,03	35	23	Estimation d'ECCC (valeur par défaut du GIEC [2006])
Débris de construction	0,02	0,03	35	23	
Plastiques	0	0	0	0	Inerte
Huiles, peintures et solvants	0	0	0	0	
Verre	0	0	0	0	
Métaux	0	0	0	0	
Déchets dangereux	0	0	0	0	
Béton	0	0	0	0	
Asphalte	0	0	0	0	
Autres matières inertes	0	0	0	0	
Appareils électroniques	0	0	0	0	
Cendres	0	0	0	0	
Boues (poids humide)	0,06	0,185	12	4	GIEC (2006)
Boues (poids sec)	0,06	0,185	12	4	
Boues non-traitées (poids humide)	0,06	0,185	12	4	
Boues non-traitées (poids sec)	0,06	0,185	12	4	
Boues traitées (poids humide)	0,06	0,185	12	4	
Boues traitées (poids sec)	0,06	0,185	12	4	
Boues industrielles	0,06	0,185	12	4	
Autres – résidentiel	0,05	0,09	14	8	Estimation d'ECCC
Autres – ICI	0,05	0,09	14	8	
Autres – CD	0	0	0	0	
Autres – inconnu	0,05	0,09	14	8	

taux de décomposition de 0,185 (année⁻¹) ou une demi-vie de 3,7 années dans des climats humides, tandis que le papier a une constante du taux de décomposition de 0,06 (année⁻¹) ou une demi-vie de 11,6 années dans le même climat. Chaque matière produit des émissions à des taux différents après l'élimination initiale dans les sites d'enfouissement. En prenant l'exemple des aliments et du papier, les aliments se décomposent rapidement et rejettent des émissions dans les premières étapes du processus, puis les émissions diminuent plus rapidement que celles du papier. En revanche, le papier produit initialement moins d'émissions, mais le rythme de production de ces émissions diminue plus lentement, ce qui se traduit par des taux relativement élevés de production de méthane sur de longues périodes.

Fraction de gaz d'enfouissement qui est du CH₄

La valeur de FracCH_4 de l'Équation A3.6–5 représente la fraction de CH₄ du gaz d'enfouissement généré par décomposition anaérobie dans le site d'enfouissement, par volume. Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) recommandaient qu'une valeur par défaut de 0,5 soit utilisée pour toutes les périodes et les régions.

Récupération du méthane

Les émissions de méthane sont réduites par la récupération des gaz d'enfouissement, qui est une pratique courante au Canada. Selon une étude commandée par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), environ 90 % des sites d'enfouissement de moyenne et de grande taille étudiés utilisent actuellement des technologies de captage des gaz d'enfouissement (GHD, 2017).

Émissions attribuables au torchage et à l'utilisation

Le méthane dans les gaz d'enfouissement est détruit (s'oxyde en CO₂) par torchage ou combustion à des fins de production d'énergie. Le méthane rejeté lors du torchage en raison de l'inefficacité de la combustion est inclus dans les totaux des émissions (la combustion par torchage est considérée comme étant efficace à 99,7 %). Le CH₄ rejeté lors du torchage est ajouté au CH₄ rejeté par les sites d'enfouissement afin d'obtenir le total de CH₄ émis. Le méthane rejeté en raison de l'inefficacité de la combustion visant à produire de l'énergie est estimé et déclaré dans le secteur de l'énergie et n'est pas inclus dans les totaux des déchets.

Oxydation dans la couverture du site d'enfouissement

Les émissions de méthane associées aux sites d'enfouissement sont réduites davantage par l'oxydation du CH₄ en CO₂ par les bactéries méthanotrophes dans le matériau de couverture du site d'enfouissement. Un large éventail de règlements provinciaux exige que les sites d'enfouissement canadiens soient recouverts d'une couverture quotidienne de matières comme de la terre, du compost, des matières ligneuses ou des matériaux de remblai. Lorsqu'un site d'enfouissement n'est plus opérationnel, il est recouvert d'une couverture finale plus robuste.

Le facteur par défaut de 0,1 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) pour les sites d'enfouissement gérés couverts d'un matériau oxydant le CH₄ est utilisé pour toutes les régions et années.

A3.6.1.2.2. Sources de données pour les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux

Les déchets solides municipaux éliminés dans les sites d'enfouissement au Canada sont composés d'un regroupement de déchets provenant d'industries, de commerces et d'institutions (ICI), de résidences, et de la construction et de la démolition (CD). Les boues d'épuration, un sous-produit du traitement des eaux usées (section A3.6.4), sont également comprises dans la quantité totale des déchets éliminés.

Il n'existe aucun ensemble de données cohérent et exhaustif sur les déchets enfouis au Canada. Toutefois, il existe des données sur la quantité totale de DSM éliminés qui comprennent les déchets solides provenant de sources résidentielles, ICI et CD qui sont envoyés aux sites d'enfouissement, incinérés ou exportés. Les données disponibles ne comprennent pas les boues d'épuration éliminées, qui doivent être quantifiées de manière distincte, ni les déchets détournés à la source pour le recyclage ou le compostage.

Le total des déchets enfouis peut être déterminé à partir de la quantité éliminée après avoir comptabilisé les quantités incinérées et les quantités exportées, et en ajoutant la quantité de boues d'épuration envoyées aux sites d'enfouissement, comme indiqué à l'Équation A3.6–6.

$$\text{Total des déchets enfouis} = [DSM_{\text{éliminés}} - DSM_{\text{incinérés}} - DSM_{\text{exportés}}] + \text{boues d'épuration}_{\text{enfouies}}$$

Total des déchets enfouis	=	masse de déchets enfouis, en tonnes
DSM_{éliminés}	=	masse de déchets solides municipaux (DSM) éliminés au Canada, qui comprennent les déchets solides enfouis, incinérés et exportés, en tonnes
DSM_{incinérés}	=	masse de DSM incinérés au Canada, en tonnes
DSM_{exportés}	=	masse nette de DSM exportés (importés) vers (depuis) les États-Unis, en tonnes
Boues d'épuration_{enfouies}	=	masse de boues d'épuration enfouies, en tonnes

Quantité de déchets éliminés

Les DSM éliminés comprennent les déchets provenant des ICI, de résidences, et de la CD. Afin de tenir compte du temps de décomposition des matières à plus longue durée de vie, il est nécessaire d'avoir des données sur l'élimination des DSM qui remontent à 1941. Deux principales sources de données et méthodes de calcul sont utilisées : les taux d'élimination des déchets par habitant de 1941 à 1993, et les quantités de déchets éliminés déclarées depuis 1994.

Les données sur les déchets éliminés depuis 1994 sont tirées de l'Enquête biennale sur l'industrie de la gestion des déchets de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [a]), qui compile des données sur l'élimination des déchets pour chaque année paire. Les quantités de déchets éliminés sont interpolées de façon linéaire pour les années intermédiaires (p. ex., 1995, 1997). Lorsque les données de l'enquête ne sont pas encore disponibles pour la dernière année d'inventaire, les quantités de déchets éliminés sont extrapolées en fonction de la population.

La quantité de déchets éliminés pour l'Île-du-Prince-Édouard et les territoires est supprimée pour les années de 1994 à 2016 dans les tableaux de Statistique Canada, pour des raisons de confidentialité, mais est disponible à compter de 2018. Les données sur l'élimination des déchets pour l'Île-du-Prince-Édouard ont été obtenues de la province pour les années de 1995 à 2000 et de 2004 à 2018. Les lacunes dans les données ont été comblées par interpolation linéaire. Les données sur l'élimination des déchets pour les territoires depuis 1994 sont estimées à l'aide du taux d'élimination des déchets par habitant de 0,73 tonne/habitant par année pour les trois territoires.

Les quantités de déchets éliminés de 1941 à 1980 pour l'ensemble des provinces et des territoires sont calculées à l'aide des taux d'élimination des déchets par habitant tirés de la documentation disponible (Levelton, 1991) et de Statistique Canada (Statistique Canada, s.d. [b]; Statistique Canada, s.d. [c]). Levelton (1991) présentait les taux d'élimination des déchets par habitant par incréments de 5 à 20 ans. Les taux d'élimination ont été interpolés de façon linéaire pour les années intermédiaires. Les taux d'élimination pour 1985 et 1990 publiés dans le rapport étaient des extrapolations et ne sont pas inclus dans la préparation des données du RIN. Les taux d'élimination pour les provinces et les territoires de 1981 à 1993 ont été interpolés de façon linéaire entre le taux d'élimination des déchets par habitant en 1980 de Levelton (1991) et le taux d'élimination des déchets par habitant en 1994 (1995 à l'Île-du-Prince-Édouard) de Statistique Canada.

Déchets incinérés

Il est question des données sur la quantité de déchets incinérés dans la section A3.6.3.

Déchets exportés

Les exportations de déchets ne sont pas directement suivies par le Canada. Une base de données interne d'ECCC sur les déchets exportés vers les États-Unis depuis 1989 a été compilée à partir des bases de données étatiques et de rapports du Congrès des États-Unis et auprès des fonctionnaires des États. Lorsque les données ne sont pas disponibles pour les années de déclaration les plus récentes, le dernier point de données est maintenu constant.

Déchets enfouis

La quantité totale de déchets enfouis est calculée à partir des déchets solides municipaux éliminés, prenant en compte les exportations et l'incinération ainsi que les quantités de boues enfouies. La quantité finale de déchets enfouis, déterminée à partir des déchets éliminés, incinérés et exportés, est indiquée dans le Tableau A3.6–3.

Boues d'épuration enfouies

Les boues d'épuration produites sont estimées dans le cadre des calculs sur le flux des matières organiques associées au traitement des eaux usées. La quantité des boues d'épuration enfouies peut être estimée d'une façon similaire à celle utilisée pour les DSM, en prenant en compte l'incinération et l'exportation, mais aussi la digestion anaérobie, le compostage et l'épandage sur le sol. La comptabilisation pour déterminer les boues d'épuration enfouies est présentée dans la section A3.6.4.

Tableau A3.6–3 **Déchets enfouis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux, de 1990 à 2021**
(millions de tonnes)

Année	Aliments	Papier	Couches et déchets d'animaux de compagnie	Textiles	Caoutchouc et cuir	Boues d'épuration (poids sec)	Boues d'épuration traitées (poids sec)	Déchets de jardinage	Bois	Débris de construction	Autres	Matières inertes	Total
1941–1989	53,2	155,83	0	4,91	2,26	-	-	51,77	15,83	8,64	30,19	96,75	419,38
1990	2,56	5,52	0	0,41	0,05	0,13	0,02	2,43	1,31	0,39	1,91	4	18,73
1991	2,6	5,6	0	0,42	0,05	0,13	0,02	2,47	1,33	0,39	1,94	4,07	19,02
1992	2,49	5,28	0	0,41	0,05	0,13	0,02	2,36	1,27	0,38	1,86	3,88	18,13
1993	2,65	5,67	0	0,43	0,05	0,13	0,02	2,52	1,36	0,4	1,98	4,15	19,36
1994	2,81	6,04	0	0,45	0,06	0,12	0,02	2,67	1,44	0,43	2,1	4,4	20,54
1995	2,76	5,95	0	0,44	0,05	0,12	0,02	2,62	1,41	0,42	2,05	4,32	20,16
1996	2,6	5,61	0	0,42	0,05	0,11	0,02	2,47	1,33	0,39	1,92	4,07	18,99
1997	2,62	5,65	0	0,42	0,05	0,11	0,02	2,49	1,34	0,39	1,93	4,09	19,11
1998	2,62	5,66	0	0,42	0,05	0,11	0,02	2,49	1,35	0,39	1,93	4,1	19,14
1999	2,79	6,04	0	0,43	0,05	0,11	0,02	2,64	1,44	0,42	2,04	4,36	20,34
2000	2,88	6,26	0	0,44	0,05	0,1	0,02	2,73	1,49	0,43	2,1	4,51	21,01
2001	2,85	6,17	0	0,43	0,05	0,1	0,02	2,71	1,48	0,43	2,08	4,46	20,78
2002	3,91	5,53	0,42	0,55	0,17	0,09	0,02	1,16	2,34	0	0,69	6,3	21,18
2003	3,9	5,42	0,42	0,55	0,17	0,08	0,03	1,18	2,32	0	0,67	6,19	20,93
2004	3,81	5,08	0,43	0,56	0,16	0,07	0,03	1,2	2,53	0	0,63	6,4	20,9
2005	3,87	5,12	0,44	0,57	0,17	0,07	0,03	1,26	2,58	0	0,63	6,46	21,2
2006	4,06	5,31	0,48	0,59	0,17	0,06	0,03	1,4	2,59	0	0,65	6,56	21,9
2007	4,05	5,37	0,48	0,6	0,17	0,06	0,03	1,41	2,59	0	0,67	6,59	22,02
2008	4,96	2,44	1,17	0	0,26	0,06	0,03	0,95	2,28	2,11	3,45	4,19	21,9
2009	4,97	2,45	1,17	0	0,27	0,05	0,03	0,95	2,29	2,1	3,46	4,2	21,94
2010	4,95	2,4	1,19	0	0,27	0,05	0,03	0,96	2,16	2	3,38	4,13	21,52
2011	5,02	2,44	1,21	0	0,27	0,05	0,03	0,96	2,2	2,02	3,42	4,2	21,82
2012	5,05	2,45	1,24	0	0,27	0,04	0,03	0,97	2,1	1,95	3,42	4,22	21,74
2013	4,77	2,32	1,16	0	0,26	0,04	0,03	0,94	1,98	1,87	3,23	3,97	20,57
2014	4,76	2,31	1,15	0	0,26	0,03	0,03	0,92	2,07	1,88	3,22	3,95	20,58
2015	4,81	2,33	1,17	0	0,26	0,03	0,03	0,93	2,08	1,9	3,26	3,99	20,79
2016	4,72	2,27	1,16	0	0,26	0,03	0,03	0,94	1,97	1,82	3,18	3,89	20,27
2017	3,17	1,98	1,56	0,76	0,19	0,03	0,03	0,76	2,23	1,7	4,02	3,5	19,93
2018	3,26	2,04	1,65	0,78	0,2	0,03	0,03	0,78	2,3	1,76	4,27	3,61	20,71
2019	3,35	2,1	1,72	0,8	0,21	0,03	0,03	0,79	2,37	1,81	4,45	3,72	21,38
2020	3,43	2,15	1,78	0,81	0,21	0,03	0,03	0,81	2,42	1,85	4,63	3,81	21,96
2021	3,45	2,17	1,79	0,82	0,22	0,03	0,03	0,81	2,44	1,86	4,67	3,84	22,13

Notes :

Les matières inertes comprennent le verre, les métaux, les cendres, le béton, l'asphalte, les plastiques, les autres déchets inertes et les appareils électroniques.

Ensemble de données complet, par province, territoire et région climatique, disponible sur demande.

Caractérisation des déchets solides municipaux

La caractérisation des déchets consiste en la quantification de la composition des déchets. Les déchets solides municipaux sont caractérisés après avoir comptabilisé les exportations et l'incinération. Les boues d'épuration sont ajoutées aux totaux des déchets enfouis par la suite et ne sont pas incluses dans la caractérisation ou touchées par celle-ci.

Il est difficile et coûteux de réaliser des études sur la caractérisation des déchets ayant une portée suffisante pour décrire la composition des déchets dans l'ensemble des régions du Canada. Par conséquent, elles ne sont pas réalisées souvent. Idéalement, les déchets sont caractérisés de manière distincte pour chaque région (province et territoire) et pour l'ensemble des flux et des sources de déchets. Les sources de déchets, qui sont tirées de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets de Statistique Canada et qui sont utilisées pour certaines caractérisations, sont constituées des flux de déchets des ICI, résidences et CD.

Le niveau de détail et la classification des matières varient selon les études de caractérisation. Certaines études fournissent une caractérisation régionale, ou même une caractérisation par région et source de déchets. De plus, un manque d'uniformité est noté dans les caractérisations utilisées, puisqu'un type de déchets est parfois caractérisé séparément dans une étude, mais pas dans les suivantes. C'est le cas, par exemple, de la catégorie « Caoutchouc et cuir », qui figure dans l'étude de caractérisation de SMi (2016), de la catégorie « Autres matières inertes », qui comprend les déchets non organiques non classés dans l'étude de SMi, et de la catégorie « Déchets d'animaux de compagnie », qui est incluse dans les plus récentes études de caractérisation d'ECCC (2020a et 2022) et exclues des études précédentes.

Une caractérisation complète des déchets enfouis par source de déchets, y compris les boues d'épuration, est présentée dans la Figure 7–1 du Chapitre 7. Les sources utilisées et les périodes applicables pour chaque source sont résumés par type de déchets général dans le Tableau A3.6–4. L'étude de caractérisation par Ressources naturelles Canada (RNCAN) (2006) comprenait des détails pour les déchets éliminés et le recyclage. Le recyclage municipal au Canada a commencé dans les années 1990. Afin de refléter la composition des déchets avant le recyclage, la caractérisation du recyclage et la caractérisation des déchets de RNCAN (2006) ont été combinées pour la période de 1976 à 1989. La caractérisation de Bond et Straub (1973) a été réalisée à partir de données en provenance des États-Unis et a été utilisée en présumant que le profil des déchets au Canada à ce moment-là était raisonnablement similaire. La caractérisation de SMi ne quantifiait pas les catégories de matières considérées comme ayant un contenu faible ou négligeable en matières organiques (SMi, 2016).

Tableau A3.6–4 Sources de la caractérisation des déchets utilisées

Caractérisation	De	À	Caractérisé par	Remarques
Bond et Straub (1973)	1941	1975		La caractérisation des déchets n'est pas propre au Canada
RNCAN (2006) (recyclage classé comme étant éliminé)	1976	1989	Région	Le recyclage a été ajouté aux déchets éliminés (étant donné que le recyclage n'a réellement commencé au Canada que dans les années 1990)
RNCAN (2006)	1990	2001	Région	
SMi (2016)	2002	2007	Région et source de déchets (résidentiels, CD, ICI)	Seuls les déchets contenant des matières organiques ont été caractérisés dans le cadre de cette étude. Tous les autres déchets ont été groupés comme "autres matières inertes"
ECCC (Division de la réduction et de la gestion des déchets [DRGD]) 2020	2008	2016		
ECCC (DRGD) 2022	2017			

Tableau A3.6–5 Proportion de déchets enfouis dans les régions climatiques humides ou sèches de chaque province et territoire

Région	Sèche	Humide
AB	1	0
BC	0,29	0,71
MB	1	0
NB	0	1
NL	0	1
NS	0	1
NT	1	0
NU	0,5	0,5
ON	0,07	0,93
PE	0	1
QC	0	1
SK	1	0
YT	1	0

Figure A3.6–2 Régions climatiques à long terme au Canada



Déchets éliminés par région climatique

Les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006) définissent un climat humide comme ayant des précipitations annuelles moyennes supérieures à l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne, et un climat sec comme ayant des précipitations annuelles moyennes inférieures à l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne. Afin de déterminer la proportion de déchets enfouis dans des zones climatiques humides ou sèches (par province), les quantités connues de déchets éliminés dans les sites d'enfouissement de la plus grande taille (environ 300) ont été cartographiées par rapport aux précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne à long terme (de 1941 à 2018; Climate Research Unit, University of East Anglia, résolution spatiale de 0,5 degré; version CRU 4.03; Figure A3.6–2). Les proportions obtenues du climat humide et sec pour chaque province et territoire se trouvent dans le Tableau A3.6–5.

Récupération du méthane

Le captage des gaz d'enfouissement dans les grandes installations municipales de gestion des déchets solides est courant au Canada. Étant donné sa concentration relativement élevée de CH_4 , le gaz d'enfouissement capturé peut être utilisé pour la production de chaleur ou d'électricité. Les installations peuvent également choisir de tout simplement brûler le gaz capté. Il est à noter que toutes les émissions résultant de la production de chaleur ou d'électricité à partir de gaz d'enfouissement sont déclarées dans le secteur de l'énergie. Consultez la Figure 7–1 et le Tableau A3.6–6 au Chapitre 7 pour obtenir les totaux de la récupération du CH_4 .

Les données sur le captage des gaz d'enfouissement sont recueillies au moyen de sondages biennaux à participation facultative menés par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC, 2020b). Des lacunes dans les séries chronologiques pour les installations déclarantes sont comblées à l'aide de l'interpolation linéaire. Si des lacunes dans les données existent avant la première déclaration d'une installation, la récupération des gaz d'enfouissement est extrapolée en retournant dans le temps à l'année où les opérations de torchage ou l'utilisation du CH₄ ont commencé pour la première fois à l'installation (et non extrapolées si ces dates sont inconnues). Si les résultats de l'enquête pour les dernières années ne sont pas encore disponibles, les données les plus récentes sont maintenues constantes.

La quantité de CH₄ récupéré pour chaque province est calculée à partir du volume de gaz capté par toutes les installations dans cette province. Les totaux nationaux sont présentés dans le Tableau A3.6–6.

Bien que le brûlage à la torçère des gaz d'enfouissement captés réduise considérablement les émissions de CH₄ par combustion (oxydation), une petite partie (0,03 %) est rejetée au cours du processus de combustion. Ainsi, une efficacité de brûlage par torçère de 99,7 % est utilisée pour calculer le CH₄ total produit par les sites d'enfouissement (U.S. EPA, 1995).

A3.6.1.2.3. Estimations des émissions pour les sites d'enfouissement de DSM

Les émissions de méthane sont calculées comme le CH₄ net produit (estimé à l'aide du modèle de décomposition de premier ordre) moins la récupération et l'oxydation du CH₄ et les émissions associées au brûlage à la torçère et à l'utilisation. Les estimations sont présentées dans le Tableau A3.6–6.

Tableau A3.6–6 Quantité de CH₄ produit, récupéré et émis dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux au Canada (1990–2021)

Année	CH ₄ produit dans les sites d'enfouissement (kt)	CH ₄ brûlé par torçère (kt)	CH ₄ émis suite au torchage (kt)	CH ₄ utilisée (kt)	CH ₄ oxydé au contact des matériaux de recouvrement (kt)	Récupération totale du CH ₄ (torchage + utilisation) (kt)	CH ₄ émis total (kt)
1990	842	69	0,2	56	72	125	645
1991	872	84	0,3	72	72	155	645
1992	901	105	0,3	77	72	181	648
1993	922	109	0,3	83	73	191	658
1994	947	121	0,4	86	74	207	666
1995	976	126	0,4	111	74	237	665
1996	1001	115	0,3	157	73	272	656
1997	1018	94	0,3	195	73	289	655
1998	1034	82	0,2	208	74	290	669
1999	1048	74	0,2	196	78	270	701
2000	1068	79	0,2	193	80	272	717
2001	1090	118	0,4	190	78	308	704
2002	1109	123	0,4	188	80	311	718
2003	1122	137	0,4	183	80	320	722
2004	1131	151	0,5	177	80	327	724
2005	1136	160	0,5	168	81	327	728
2006	1141	149	0,4	177	82	325	734
2007	1150	164	0,5	188	80	352	718
2008	1157	164	0,5	195	80	359	719
2009	1172	216	0,6	197	76	412	684
2010	1184	241	0,7	210	73	450	661
2011	1193	247	0,7	213	73	460	660
2012	1201	239	0,7	213	75	451	675
2013	1209	224	0,7	223	76	446	687
2014	1208	209	0,6	236	76	445	687
2015	1206	197	0,6	247	76	444	685
2016	1204	209	0,6	240	76	448	681
2017	1202	209	0,6	225	77	433	692
2018	1192	213	0,6	212	77	425	691
2019	1189	217	0,7	210	76	427	687
2020	1190	227	0,7	202	76	429	686
2021	1195	227	0,7	202	77	429	690

Note :

a. Les émissions de CH₄ provenant de la combustion utilisée pour produire de la chaleur et de l'énergie sont incluses dans le secteur de l'Énergie.

A3.6.1.3. Sites d'enfouissement de déchets de bois industriels

A3.6.1.3.1. Sources de données

Le calcul des estimations de déchets de bois industriels est fondé sur la quantité de matières résiduelles de bois qui est estimée être éliminée dans des sites d'enfouissement privés. Cette catégorie comprend les déchets ligneux qui n'entrent pas dans les flux de gestion des déchets au Canada et ne sont donc pas pris en compte dans la composante des DSM de la catégorie de l'élimination des déchets solides (sites d'enfouissement).

Les déchets ligneux éliminés au Canada proviennent principalement de deux sources : l'industrie du bois massif (p. ex., les scieries) et l'industrie des pâtes et papiers (p. ex., la fabrication du papier). Les quantités de résidus de déchets ligneux provenant de l'industrie des pâtes et papiers sont tirées d'une analyse documentaire, de consultations avec des experts de l'industrie et de données d'enquêtes préparées par le National Council for Air and Stream Improvement (ECCC, 2020c; NCASI, 2022). D'après les données d'études sur l'industrie des pâtes et papiers disponibles (de 2005 à 2020), l'enfouissement de résidus du secteur des pâtes et papiers se poursuit au Canada. Des estimations de quantités, en tonnes métriques anhydres, sont disponibles pour les déchets ligneux, les cendres de chaudière, les résidus de traitement des eaux usées et d'autres sources de déchets (principalement les résidus de caustification). Des données d'activité antérieures à 2005 sont disponibles pour le Québec, et elles sont utilisées pour établir les quantités relatives de ces déchets à l'échelle nationale (la province de Québec renferme une importante partie, soit jusqu'à environ 40 %, de l'industrie nationale des pâtes et papiers). Une analyse de régression a été réalisée à partir des données du produit intérieur brut propre à l'industrie des pâtes et papiers (accessibles dans les tableaux 36-10-0388 et 36-10-0462 de Statistique Canada) afin d'estimer les quantités totales de déchets ligneux industriels enfouis avant 2005, et de fournir une base pour la répartition par province des résidus de pâtes et papiers. Les données du produit intérieur brut de l'industrie des pâtes et papiers sont accessibles à partir de 1981. Pour les années antérieures, il est présumé que la quantité de déchets enfouis était constante à la valeur de 1981. Les estimations de quantité de déchets de l'industrie des pâtes et papiers sont déclarées en tonnes anhydres.

L'estimation des quantités de résidus ligneux éliminés dans les sites d'enfouissement en provenance de l'industrie du bois massif est tirée de diverses études (RNCAN, 1997, 1999, 2005) pour la période de 1990 à 2004. On estime que la quantité historique de résidus ligneux éliminés dans des sites d'enfouissement privés représente environ 15 % des sources de déchets de bois massif (RNCAN, 1997). Au cours des dernières années, particulièrement pour les scieries canadiennes (c.-à-d. l'industrie du bois massif), la demande croissante pour des applications de récupération des déchets et de transformation des déchets en énergie a entraîné la réduction des résidus de bois massif à des quantités négligeables. Ainsi, on a attribué la valeur de zéro à la quantité de déchets résiduels issus de cette industrie à partir de 2010. Pour la période antérieure à 1990, les quantités de déchets résiduels de l'industrie du bois massif sont inconnues et présumées être les mêmes qu'en 1990. Les quantités estimées de résidus de bois massif sont déclarées en tonnes anhydres, puis converties en tonnes hydratées en supposant un taux d'humidité de 20 % (Tchobanoglous et al., 1993) pour le calcul des émissions.

Les valeurs nationales pour les déchets de bois éliminés et enfouis sont indiquées dans le Tableau A3.6–7. La quantité estimée finale de déchets ligneux enfouis par province est présentée dans le Tableau A3.6–8.

A3.6.1.3.2. Paramètres du modèle

Un résumé des paramètres du modèle des déchets ligneux industriels est présenté dans le Tableau A3.6–9. Le calcul des émissions, pour les déchets ligneux de pâtes et papiers et de bois massif, est fondé sur la méthode de la DPO, décrite précédemment. Le tableau présente les paramètres indépendants du modèle pour chacune des deux catégories de déchets ligneux. On présume qu'aucune technologie de captage des gaz d'enfouissement n'est en place aux sites d'enfouissement de déchets ligneux industriels.

Tableau A3.6-7 **Quantité de déchets de bois industriels enfouis au Canada, de 1990 à 2021**

Année	Tonnes anhydres de déchets ligneux enfouis					Total
	Pâtes et papiers				Bois massif	
	Déchets ligneux	Cendres	Résidus de traitement des eaux usées	Autres		
1941–1969	869 671	0	59 321	190 276	-	1 119 268
1970	869 671	0	59 321	190 276	1 086 637	2 205 905
1971	863 739	0	65 253	190 276	1 086 637	2 205 905
1972	857 807	0	71 185	190 276	1 086 637	2 205 905
1973	851 875	0	77 118	190 276	1 086 637	2 205 905
1974	845 943	0	83 050	190 276	1 086 637	2 205 905
1975	840 010	0	88 982	190 276	1 086 637	2 205 905
1976	834 078	0	94 914	190 276	1 086 637	2 205 905
1977	828 146	0	100 846	190 276	1 086 637	2 205 905
1978	822 214	0	106 778	190 276	1 086 637	2 205 905
1979	816 282	0	112 710	190 276	1 086 637	2 205 905
1980	810 350	0	118 642	190 276	1 086 637	2 205 905
1981	804 418	0	124 574	190 276	1 086 637	2 205 905
1982	719 939	0	117 669	171 558	1 086 637	2 095 803
1983	798 456	0	137 455	191 693	1 086 637	2 214 241
1984	832 939	0	150 754	201 479	1 086 637	2 271 809
1985	823 037	0	156 348	200 597	1 086 637	2 266 618
1986	804 340	0	234 489	199 979	1 086 637	2 325 444
1987	772 123	0	316 098	196 357	1 086 637	2 371 216
1988	714 014	0	391 140	186 345	1 086 637	2 378 136
1989	625 790	0	445 981	168 295	1 086 637	2 326 703
1990	558 535	0	509 587	155 586	1 086 637	2 310 345
1991	468 266	0	542 828	136 014	1 030 904	2 178 012
1992	427 455	0	629 308	130 611	976 718	2 164 092
1993	458 768	0	675 408	140 179	922 531	2 196 886
1994	480 115	0	706 836	146 702	868 344	2 201 997
1995	457 975	0	674 241	139 937	814 157	2 086 310
1996	450 784	125 218	538 436	137 739	759 970	2 012 147
1997	470 809	196 170	496 965	143 858	705 784	2 013 586
1998	447 448	248 582	410 161	136 720	648 000	1 890 911
1999	277 141	346 266	364 024	414 523	597 410	1 999 364
2000	303 724	379 479	398 941	454 284	543 223	2 079 651
2001	278 786	348 321	366 186	416 984	489 037	1 899 314
2002	296 907	370 962	389 987	444 088	434 850	1 936 794
2003	295 215	368 849	387 765	441 558	380 663	1 874 050
2004	304 786	380 806	400 336	455 873	328 537	1 870 338
2005	212 865	383 290	356 119	458 846	272 289	1 683 409
2006	162 713	413 654	355 937	444 300	218 103	1 594 707
2007	112 560	444 018	355 755	429 754	163 916	1 506 003
2008	102 754	433 984	339 407	426 589	109 729	1 412 463
2009	92 949	423 951	323 059	423 425	55 542	1 318 926
2010	83 143	413 917	306 711	420 260	1 355	1 225 386
2011	73 337	403 884	290 364	417 096	0	1 184 681
2012	63 531	393 850	274 016	413 931	0	1 145 328
2013	53 726	383 817	257 668	410 767	0	1 105 978
2014	43 920	373 783	241 320	407 602	0	1 066 625
2015	48 858	330 040	200 112	381 063	0	960 073
2016	53 796	286 297	158 903	354 524	0	853 520
2017	77 087	306 149	182 239	398 964	0	964 439
2018	100 377	326 000	205 574	443 403	0	1 075 354
2019	70 374	294 175	164 769	419 065	0	948 383
2020	40 371	262 349	123 964	394 727	0	821 411
2021	40 371	262 349	123 964	394 727	0	821 411

Note : Lorsque les données n'étaient pas disponibles, une interpolation linéaire a été réalisée entre les points de données.

Tableau A3.6–8 **Déchets de bois enfouis par province (tonnes anhydres)**

Année	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	255 907	976 356	8 881	87 899	36 287	23 212	299 849	221	540 047	81 684
1991	241 644	922 242	8 405	82 518	34 201	21 947	282 142	210	507 799	76 904
1992	237 209	903 115	8 110	84 525	34 042	21 334	284 228	199	514 176	77 153
1993	236 613	897 622	7 883	89 480	34 645	20 973	294 172	188	535 914	79 395
1994	233 742	884 050	7 615	92 688	34 797	20 462	299 459	177	548 550	80 456
1995	220 942	835 223	7 171	88 274	32 980	19 302	284 426	166	521 462	76 362
1996	211 555	798 515	6 788	86 481	31 839	18 365	276 378	155	508 030	74 041
1997	208 382	783 871	6 515	89 457	31 931	17 835	281 047	144	519 458	74 945
1998	217 660	591 872	5 139	113 232	16 306	15 490	259 862	0	601 440	69 911
1999	212 068	633 130	5 361	132 487	21 600	21 203	275 622	0	625 844	72 048
2000	208 720	663 153	5 462	134 622	25 256	17 154	308 968	51	645 265	70 999
2001	190 932	599 590	6 973	112 843	16 294	19 521	268 898	49	616 635	67 580
2002	180 328	610 372	5 577	127 170	20 920	16 381	278 209	50	621 164	76 623
2003	173 089	571 959	5 012	142 569	19 409	15 933	274 954	0	582 371	88 755
2004	162 997	636 276	5 863	166 052	22 262	19 752	277 290	0	444 552	135 293
2005	154 194	570 251	5 331	83 132	20 076	19 674	238 563	0	486 804	105 383
2006	153 734	563 574	5 050	83 504	23 244	12 924	220 140	0	514 811	17 725
2007	119 731	507 585	4 347	91 837	22 875	18 145	218 342	0	508 197	14 942
2008	124 803	480 277	4 075	76 836	24 117	18 004	206 171	0	471 596	6 584
2009	129 569	436 851	3 190	75 549	13 151	16 136	180 500	0	450 684	13 297
2010	128 639	408 314	1 571	78 948	8 053	16 350	167 414	0	406 515	9 584
2011	119 360	430 590	1 652	71 962	7 721	13 782	149 734	0	382 588	7 290
2012	124 485	434 891	1 794	70 204	7 710	8 178	125 801	0	364 505	7 762
2013	138 113	427 254	2 046	70 970	7 405	11 958	111 644	0	326 995	9 591
2014	125 792	446 162	1 906	59 835	8 321	9 278	109 857	0	296 223	9 252
2015	120 910	411 251	1 647	55 887	6 151	8 179	95 926	0	252 815	7 304
2016	115 934	367 392	1 511	50 975	4 763	6 546	86 993	0	208 735	10 669
2017	121 699	408 825	1 882	57 363	5 255	7 583	103 519	0	244 808	13 502
2018	130 031	445 692	2 354	62 483	6 131	8 268	119 939	0	285 440	15 016
2019	132 301	399 011	3 185	53 252	4 853	6 562	101 530	0	234 691	12 998
2020	148 168	331 724	3 370	44 851	3 828	4 010	81 781	0	191 589	12 091
2021	138 833	343 240	3 074	46 519	4 383	3 901	82 369	0	188 886	10 207

Tableau A3.6–9 **Résumé des paramètres d'entrée du modèle d'enfouissement des déchets ligneux**

Type de déchet		Paramètre	Valeur	Fondement
Pâtes et papiers	Tous	Facteur d'oxydation (OX)	0,1	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les sites couverts d'un matériau oxydant; cohérente avec l'étude de 2022 par le NCASI
		Facteur de correction du méthane (FCM)	1	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les sites gérés (anaérobie), cohérente avec l'étude de 2022 par le NCASI
		Fraction de méthane dans les gaz d'enfouissement (F)	0,5	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut
	Déchets de bois	COD _f	0,1	GIEC, 2019 – valeur pour les déchets les moins décomposables (bois/produits en bois d'ingénierie)
		k (année ⁻¹)	0,03	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut pour le bois (déchet à dégradation lente), tableau 3.3, climat humide
		COD	0,5	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les résidus de déchets ligneux (tableau 2.4) – fondée sur le poids sec
	Cendres	COD _f	0	Présumé inerte (contenu en carbone organique dégradables négligeable)
		k (année ⁻¹)	0	
		COD	0	
	Traitement des eaux usées	COD _f	0,1	GIEC, 2019 – valeur pour les déchets les moins décomposables (bois/produits en bois d'ingénierie)
		k (année ⁻¹)	0,03	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut pour le bois (déchets à dégradation lente), tableau 3.3, climat humide
		COD	0,44	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les résidus de traitement des eaux usées issues des pâtes et papiers (tableau 2.5) – converti en poids sec
	Autres (résidus de caustification)	COD _f	0	Analyse réalisée par Lavallée (1996)
		k (année ⁻¹)	0	
		COD	0	
Déchets de bois massif		Facteur d'oxydation (OX)	0	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les sites d'enfouissement non couverts
		Facteur de correction du méthane (FCM)	0,8	GIEC, 2006 – valeur par défaut pour les sites d'enfouissement profonds non gérés
		Fraction de méthane dans les gaz d'enfouissement (F)	0,5	GIEC, 2006/2019 (valeur par défaut)
		COD _f	0,1	GIEC, 2019 – valeur pour les déchets les moins décomposables (bois/produits de bois d'ingénierie)
		k (année ⁻¹)	0,03	GIEC, 2006/2019 – valeur par défaut pour le bois (déchets à dégradation lente), tableau 3.3, climat humide
		COD	0,43	GIEC, 2006/2019 – valeur pour les résidus de traitement des eaux usées issues des pâtes et papiers (tableau 2.5) – fondé sur le poids sec

A3.6.2. Traitement biologique des déchets solides (5.B)

La catégorie du traitement biologique des déchets solides comprend les deux sources d'émissions suivantes : le compostage et la digestion anaérobie.

A3.6.2.1. Compostage (5.B.1)

Les estimations des émissions de gaz à effet de serre provenant du compostage au Canada comprennent le CH₄ et le N₂O. Comme les émissions de CO₂ libérées par le compostage résultent de la décomposition de matières organiques provenant de sources de biomasse, ces émissions ne sont pas incluses dans le total national.

A3.6.2.1.1. Méthodologie

Une méthode de Niveau 3 est utilisée pour estimer les émissions provenant du compostage. Des coefficients d'émission propres aux matières premières établis par l'entremise d'une analyse documentaire interne ont été appliqués pour le compost traité, comme le montrent les équations A3.6–7 et A3.6–8. Les émissions sont calculées à l'échelle des installations et combinées pour créer des estimations des émissions aux échelles provinciales et nationales :

Équation A3.6–7 Émissions de CH₄ attribuables au compostage

$$\text{Émissions de CH}_4 = \sum_i (M_i \cdot CE_i) \cdot 10^{-3}$$

<i>Émissions CH₄</i>	=	total des émissions de CH ₄ de l'année d'inventaire, Gg CH ₄
<i>M_i</i>	=	masse de déchets organiques humides traités par type <i>i</i> , Gg
<i>CE</i>	=	coefficient d'émission pour le traitement <i>i</i> , g CH ₄ /kg déchets traités par type de déchets
<i>i</i>	=	compostage de matières premières à l'installation

Les coefficients d'émission pour diverses matières premières incluent les déchets de jardin (1,72 g/kg), les déchets solides municipaux (1,51 g/kg), les biosolides/le fumier (3,54 g/kg) et un mélange des déchets susmentionnés co-compostés (1,09 g/kg) en fonction du poids humide (ECCC, 2020d).

Équation A3.6–8 Émissions de N₂O attribuables au compostage

$$\text{Émissions de N}_2\text{O} = \sum_i (M_i \cdot CE_i) \cdot 10^{-3}$$

<i>Émissions N₂O</i>	=	total des émissions de N ₂ O de l'année d'inventaire, Gg N ₂ O
<i>M_i</i>	=	masse de déchets organiques humides traités par type <i>i</i> , Gg
<i>CE</i>	=	coefficient d'émission pour le traitement <i>i</i> , g N ₂ O/kg déchets traités par type de déchets
<i>i</i>	=	compostage de matières premières à l'installation

Les coefficients d'émission pour diverses matières premières incluent les déchets de jardin (0,25 g/kg), les déchets solides municipaux (0,18 g/kg), les biosolides/le fumier (0,18 g/kg) et un mélange des déchets susmentionnés co-compostés (0,11 g/kg) en fonction du poids humide (ECCC, 2020d).

A3.6.2.1.2. Sources de données

Les données sur les activités utilisées pour estimer les émissions de CH₄ et de N₂O provenant du compostage sont fondées sur des renseignements sur les installations commerciales et municipales recueillies à l'aide d'enquêtes menées par l'industrie (à compter de 1992), de rapports techniques et de sites Web d'installations. Le compostage par les particuliers n'est pas inclus dans l'inventaire canadien pour l'instant étant donné le manque de données. Pour remédier au manque de données de certaines années à l'échelle des installations, le dernier point de données a été reporté au prochain point de données disponible, à l'exception des résultats de l'enquête de 1992 qui ont été reportés à des années antérieures pour établir une série chronologique complète à partir de 1990.

A3.6.2.2. Digestion anaérobie aux installations de biogaz (5.B.2)

Les estimations des émissions de gaz à effet de serre provenant de la digestion anaérobie des déchets solides au Canada comprennent le CH₄. Le N₂O est considéré comme étant négligeable conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC et, par conséquent, n'est pas estimé pour ce secteur. Comme les émissions de CO₂ libérées par la digestion anaérobie découlent de la décomposition de matières organiques de sources de biomasse, ces émissions ne sont pas incluses dans le total national.

A3.6.2.2.1. Méthodologie

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la digestion anaérobie des déchets solides dans les installations de biogaz sont estimées pour le Canada à l'aide d'une méthode de Niveau 3. La méthode de Niveau 3 comprend la détermination de la composante de CH₄ du biogaz à l'échelle des installations, dont une part est perdue par les fuites sur place du système. La perte associée aux fuites sur place du système est calculée à 2,1 % du CH₄ dans le biogaz produit. Cette valeur a été établie en compilant les pertes tirées de la documentation primaire et des données d'enquêtes associées aux digesteurs municipaux, industriels et d'eaux usées (ECCC, 2020e). Les pertes provenant de la valorisation et de la combustion incomplète du biogaz ne sont pas incluses dans la perte associée aux fuites sur place. Les pertes associées à l'évacuation ne sont pas déclarées puisqu'elles sont considérées comme étant de nature sporadique et sont évitées dans la mesure du possible au Canada; ces émissions sont jugées négligeables. Les émissions sont calculées à l'aide de l'Équation A3.6–9.

Équation A3.6–9 Émissions de CH₄ provenant de la digestion anaérobie

$$\text{Émissions de CH}_4 = \sum_i ((B_i \cdot M) \cdot CE) \cdot (D) \cdot 10^{-3}$$

Émissions de CH₄	=	émissions de CH ₄ totales dans l'année visée par l'inventaire, Gg
B_i	=	production de biogaz par i, m ³
D	=	densité du CH ₄ dans des conditions normales de température et de pression
M	=	contenu moyen de CH ₄ dans le biogaz des installations visées par l'inventaire
CE	=	coefficient d'émission pour le traitement i, comme pourcentage de la quantité totale de CH ₄ dans le biogaz produit qui est perdue en raison de fuites sur place
i	=	installation i

A3.6.2.2.2. Sources de données

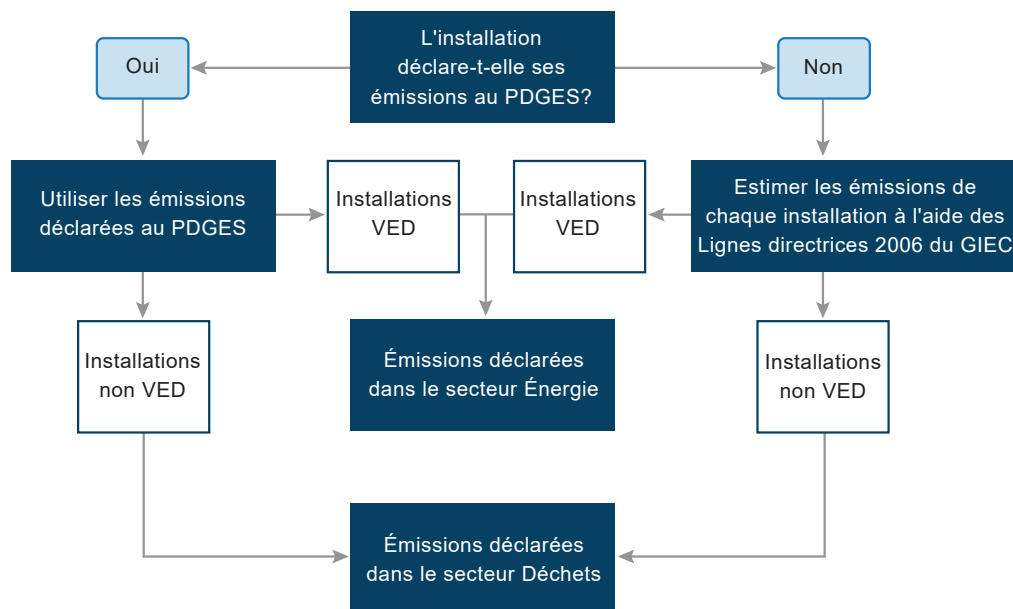
Les données sur les activités sont fondées sur la production de biogaz à l'échelle des installations déclarée à l'aide d'enquêtes internes et menées par l'industrie. En l'absence de données déclarées par les installations pour la production de biogaz, un facteur de conversion par type de matière première est utilisé pour générer la production de biogaz à partir de l'apport initial de matières premières. Seules les installations municipales et industrielles de digestion anaérobie sont déclarées dans la catégorie 5.B.2, tandis que les digesteurs anaérobies d'eaux usées sont déclarés dans la catégorie 5.D du CUPR. Pour l'instant, les digesteurs anaérobies sur les fermes ne sont pas compris dans notre inventaire canadien, mais seront inclus dans les inventaires futurs.

A3.6.3. Incinération et combustion à l'air libre de déchets (5.C)

L'incinération des déchets est définie dans les Lignes directrices 2006 du GIEC comme étant la combustion de déchets solides et liquides dans des installations d'incinération contrôlées. Au Canada, les émissions liées à l'incinération proviennent de l'incinération des DSM, déchets dangereux, déchets médicaux et boues d'épuration. La combustion à l'air libre des déchets comprend le brûlage des ordures dans des barils ou des fosses à ciel ouvert. Cette section de l'Annexe 3 détaille les méthodes comptables utilisées pour décrire les estimations des émissions de GES pour ces catégories.

Conformément à ce qu'énoncent les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), seules les émissions de CO₂ résultant de l'oxydation du carbone dans les déchets d'origine fossile (p. ex., plastiques, certains textiles, caoutchouc, solvants liquides et huiles usées) sont considérées comme des émissions nettes et sont incluses dans l'estimation nationale des émissions de CO₂. Celles provenant de la combustion de matières issues de la biomasse (p. ex., papier, aliments et déchets ligneux) contenue dans les déchets sont des émissions biogènes et ne sont pas incluses dans les estimations des émissions totales nationales.

Figure A3.6–3 **Arbre décisionnel permettant de recueillir, d'estimer et de déclarer les émissions de GES produites par les installations d'incinération**



L'incinération des déchets permet à certaines installations de produire de l'énergie sous forme d'électricité ou de chaleur. Ces installations favorisent la valorisation énergétique des déchets (VED). D'autres installations vont simplement incinérer les déchets pour les éliminer. Ce sont des installations sans valorisation énergétique des déchets (non VED). Conformément aux Lignes directrices 2006 du GIEC, les émissions issues de l'incinération à récupération d'énergie sont déclarées dans le secteur Énergie, tandis que les émissions issues de l'incinération des déchets sans récupération d'énergie sont déclarées dans le secteur Déchets. La section suivante porte sur la méthodologie utilisée pour tous les incinérateurs, bien que les émissions finales soient déclarées dans le secteur approprié (Figure A3.6–3).

Le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) inclut une couverture du secteur de l'incinération dans les dernières années. Au fil du temps, les pratiques liées à l'incinération ont changé passant de nombreuses petites installations traitant des déchets sur place, à de grandes installations centrales spécialisées qui traitent des déchets envoyés par l'ensemble des provinces. Pour les émissions non couvertes par le PDGES, une méthode d'estimation des émissions propres à l'installation a été élaborée au moyen des meilleures données disponibles.

Certaines installations au Canada brûlent des déchets provenant de multiples sources. Par exemple, les déchets médicaux sont souvent brûlés conjointement avec les déchets solides municipaux. Les émissions provenant d'installations qui traitent plus d'un type de déchets ont été calculées conformément au type de déchets particuliers, mais sont déclarées dans le principal secteur des déchets des installations. Par conséquent, si une installation traite de petites quantités de déchets médicaux de même que des déchets solides municipaux, elle est considérée comme étant une installation de DSM et les émissions associées aux déchets médicaux seront déclarées dans la catégorie des DSM.

A3.6.3.1. Sources de données

Quantité (en tonnes) de déchets incinérés

La quantité totale de déchets incinérés est utilisée pour les installations qui ne déclarent pas au PDGES. Il est important de noter que ces données sont utilisées pour déduire la quantité de déchets enfouis au Canada à partir de la quantité de déchets éliminés, comme à la section A3.6.1.2.2. Par conséquent, même lorsqu'une installation déclare le total de ses émissions de GES au PDGES, la quantité annuelle de déchets incinérés (en tonnes) est quand même recueillie. La quantité de déchets incinérés dans des installations partout au Canada est obtenue à l'aide de sondages biennaux à participation facultative menés auprès des installations d'incinération par ECCC. L'enquête a permis de recueillir des données aux deux ans depuis 2008, la plus récente ayant eu lieu à l'été 2022.

Des sources de données complémentaires sont utilisées pour les installations non comprises dans l'enquête, à cause de non-réponse ou car l'installation a arrêté ses activités avant la première enquête réalisée en 2008. La quantité en tonnes est estimée à l'aide de valeurs historiques déclarées (Sawell et al., 1996; Environnement Canada, 1999; Environnement Canada, 2003). D'autres sources comprennent des rapports d'étape préparés par le Conseil canadien des ministres de l'environnement sur les questions liées aux émissions de dioxines, de furanes et de mercure, puisque l'incinération des déchets médicaux était auparavant une source importante de ces polluants (CCME, 2006, 2007 et 2010). Un rapport sur l'incinération des déchets solides au Canada préparé par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (Environnement Canada, 2003b) a aussi été utilisé. Les quantités de matières incinérées au Canada sont présentées dans le Tableau A3.6–10.

Lorsque la série chronologique pour la quantité de déchets incinérés n'est pas complète pendant la durée de l'exploitation d'une installation, les données de l'année la plus proche sont utilisées, qu'elles soient reportées avant l'année manquante ou après. Les installations du secteur de l'incinération des déchets médicaux sont traitées légèrement différemment, étant donné qu'il était courant d'avoir de petits incinérateurs dans les hôpitaux. Au fil du temps, des provinces ont connu d'importantes fermetures de leurs petits incinérateurs d'hôpitaux et sont passées à l'envoi des déchets à des installations centrales spécialisées. Les points de données manquants pour ces petits incinérateurs d'hôpitaux sont estimés par interpolation à l'aide des chiffres sur la population provinciale.

Le contenu des déchets solides municipaux incinérés comprend du papier, du verre, du métal, du plastique, des déchets alimentaires, des déchets de jardin, des textiles, du caoutchouc, du bois et d'autres matières. Les types de déchets médicaux incinérés au Canada comprennent les déchets cytotoxiques, anatomiques d'origine humaine ou animale, et pharmaceutiques

Tableau A3.6–10 Estimation en tonnes des déchets incinérés par source de déchets, de 1990 à 2021

Année	Installations non VED				Installations VED
	DSM	Déchets médicaux	Déchets dangereux	Boues d'épuration	DSM
1990	125 950	3 196	100 762	128 402	1 004 353
1991	125 989	3 209	104 111	137 078	1 001 780
1992	127 834	3 225	107 879	143 981	1 178 827
1993	127 639	4 794	112 109	151 667	1 064 215
1994	127 373	4 804	134 550	167 608	885 648
1995	126 760	4 816	164 648	167 607	882 311
1996	127 302	4 823	144 467	185 416	900 594
1997	122 987	4 825	128 282	178 303	893 969
1998	114 743	2 899	148 649	176 812	892 174
1999	100 474	2 902	132 561	186 514	934 375
2000	100 318	2 989	143 381	184 922	898 831
2001	100 257	3 778	149 988	189 282	887 379
2002	100 078	3 902	179 663	202 889	902 813
2003	98 485	3 859	174 005	192 192	773 205
2004	86 844	4 459	173 213	191 371	793 713
2005	73 316	4 936	145 442	188 248	786 197
2006	73 665	5 293	157 311	191 540	797 250
2007	73 218	5 176	151 558	190 014	755 871
2008	70 085	3 212	150 910	190 919	764 102
2009	52 893	3 359	123 078	192 681	751 868
2010	42 343	2 864	143 110	193 360	699 119
2011	30 652	3 394	142 996	207 415	788 144
2012	34 607	3 034	90 770	201 506	782 115
2013	27 000	3 250	87 738	200 373	780 712
2014	22 450	3 226	86 035	208 007	760 124
2015	19 707	3 093	95 920	215 471	809 178
2016	22 140	3 344	120 204	202 139	854 528
2017	23 334	3 451	128 857	201 090	881 407
2018	21 899	3 374	120 228	206 674	866 620
2019	20 882	3 372	121 662	215 481	860 908
2020	19 866	3 346	116 792	197 642	872 365
2021	20 829	3 350	102 717	197 026	864 600

(Stericycle, 2014). Les déchets dangereux incinérés comprennent des substrats contaminés, comme les sols, le bois, les métaux et d'autres matériaux. Les quantités de déchets dangereux peuvent également inclure des déchets inorganiques, tels que des solutions aqueuses contenant des métaux lourds ou des déchets comme des uréthanes à base d'eau, par opposition aux déchets d'uréthane à base de solvants qui ont une teneur élevée en carbone d'origine fossile. L'incinération de boues d'épuration est l'incinération de biosolides provenant du traitement des eaux usées municipales.

A3.6.3.1.1. Méthodologie

Les estimations des émissions sont compilées à l'échelle de l'installation, et les installations VED sont séparées des installations non VED. Si les données sur les émissions du PDGES sont disponibles, elles sont utilisées. Sinon, les émissions propres à une installation sont estimées à l'aide des méthodes prescrites dans les Lignes directrices 2006 du GIEC.

Installations soumettant une déclaration au PDGES

Les données du PDGES sur les installations sont disponibles pour chaque année depuis 2004, bien que la plupart des incinérateurs de DSM aient commencé à déclarer leurs émissions en 2009. Si une installation était en activité avant 2009, la série chronologique pour les émissions est complétée en supposant que la quantité incinérée est en corrélation directe avec la quantité d'émissions. La méthode des données de substitution prescrite dans le Volume 1, Chapitre 5.3.3.2, des Lignes directrices 2006 du GIEC est utilisée pour combler le manque de données dans la série chronologique des émissions. Cette méthode fait appel à la quantité de déchets incinérés annuellement par l'installation, laquelle est obtenue par les enquêtes ou les déclarations, ainsi qu'aux données du PDGES pour toutes les années disponibles.

Il est à noter que les lignes directrices sur la déclaration au PDGES exigent que les émissions de CO₂ déclarées par l'installation proviennent uniquement des déchets d'origine fossile (p. ex., plastiques, certains textiles, caoutchouc, solvants liquides et huiles usées). Les émissions de CO₂ produites par la partie biogène des déchets (p. ex., aliments, bois, résidus de jardin) sont exclues du total des émissions.

Installations non déclarantes

Un grand nombre d'incinérateurs soit ont mis fin à leurs activités avant la création du PDGES, soit produisaient une quantité d'émissions inférieure au seuil de déclaration. Bon nombre de ces installations classées dans la catégorie des DSM étaient de petits incinérateurs situés à Terre-Neuve-et-Labrador, mais certaines étaient plus grandes, comme en Ontario, au Québec, en Colombie-Britannique et en Alberta. Les estimations pour ces installations ont été calculées à l'aide des Lignes directrices 2006 du GIEC et des meilleurs paramètres disponibles pour chaque installation.

Émissions de CO₂

Les émissions de CO₂ issues de l'incinération des DSM sont estimées à l'aide de la méthode du bilan massique représentée par l'Équation A3.6–10, qui est équivalente à l'Équation 5.2 des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Lorsqu'elles étaient disponibles, les données sur la caractérisation des déchets propres à une installation étaient utilisées pour déterminer les différentes matières composant les DSM incinérés (le facteur «FD_i» dans l'Équation A3.6–10). Lorsqu'elles n'étaient pas disponibles, les données provinciales sur la caractérisation étaient tirées du rapport d'Environnement Canada (1996). Ce rapport contient les données sur la caractérisation pour les volets VED et non VED de l'incinération des déchets. Le Tableau A3.6–11 contient les facteurs par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC qui ont été utilisés pour déterminer les émissions de CO₂ provenant de chaque type de déchets incinérés. Les valeurs par défaut de 60 % ont été employées pour le carbone total (pourcentage du poids sec) et de 40 % pour le carbone d'origine fossile en pourcentage du carbone total pour les déchets médicaux. Des teneurs en carbone de 50 % et en carbone d'origine fossile de 90 % ont été utilisées pour les déchets dangereux. Ces valeurs sont tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Un facteur par défaut de 1 est utilisé comme facteur d'oxydation (FO) pour tous les types de déchets et d'installations.

$$\text{Émissions de CO}_2 = \text{Déchets} \times \sum (FD_j \times ms_j \times FC_j \times FCF_j \times FO) \times 44/12$$

Émissions de CO₂	=	émissions de CO ₂ dans l'année visée par l'inventaire
Déchets	=	quantité totale de déchets incinérés
J	=	composant de DSM incinérés : papier/carton, textiles, résidus alimentaires, bois, plastique, résidus de jardin, métaux, verre, etc.
FD_j	=	fraction du type de déchets/matière <i>j</i> dans la quantité totale de DSM incinérés
ms_j	=	teneur en matière sèche du composant <i>j</i> dans la quantité totale de DSM incinérés
FC_j	=	fraction de carbone dans la matière sèche (c.-à-d. teneur en carbone) du composant <i>j</i>
FCF_j	=	fraction de carbone d'origine fossile dans la quantité totale de carbone dans le composant <i>j</i>
FO	=	facteur d'oxydation
44/12	=	facteur de conversion de C en CO ₂

Tableau A3.6–11 Coefficients par défaut utilisés dans l'Équation A3.6–10 pour déterminer les émissions de CO₂ provenant de l'incinération

Type de déchets	Contenu en matière sèche (% du poids humide)	Carbone total (% du poids sec)	Carbone d'origine fossile (% du carbone total)
Papier	90	46	1
Textiles	82	59	20
Déchets alimentaires	40	38	0
Bois	85	50	0
Déchets de jardin	40	70	10
Couches	40	70	10
Caoutchouc	82	59	20
Plastique	100	75	100
Métal	100	0	0
Verre	100	0	0
Autres DSM ^a	100	34	35
Déchets médicaux	65	60	40
Déchets dangereux	100	50	90
Boues d'épuration	100	45	0
Matières organiques ^b	40	44	0
Matières inorganiques	100	3	100
Déchets liquides d'origine fossile	100	80	100
Solvants	100	80	80
Déchets ligneux industriels	85	41	1
Boues industrielles	100	50	90
Autres déchets industriels	100	50	90

Notes :

- a. Un grand nombre d'installations déclarent d'« autres » déchets, sans indiquer ce que cela inclut. On utilise donc dans ce cas une moyenne des textiles, des déchets alimentaires, des déchets de jardin, du caoutchouc et des déchets inertes. Il convient de noter que le papier et le plastique sont toujours **caractérisés** séparément et ne sont pas intégrés dans les paramètres « autres ».
- b. Dans les cas où la caractérisation des déchets d'installations comprend les matières organiques en général, les paramètres propres aux matières organiques sont utilisés. Si l'installation fait la distinction entre les déchets alimentaires et les déchets de jardin, ces coefficients particuliers sont utilisés.

Émissions de CH₄

La quantité d'émissions de CH₄ produites par l'incinération est déterminée pour chaque installation à l'aide de coefficients d'émission par défaut provenant des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les coefficients d'émission sont multipliés par la quantité totale annuelle de déchets incinérés à l'installation (Équation A3.6–11). Les coefficients d'émission varient selon la manière dont l'incinérateur est alimenté (incinération continue, semi-continue ou par lot) et le type d'incinérateur (fourneau mécanique ou lit fluidisé). Le coefficient d'émission le plus approprié pour chaque installation a été choisi. En l'absence

de coefficient d'émissions par défaut du GIEC pour les déchets dangereux, les coefficients d'émission de CH₄ sont établis d'après les données d'une installation d'incinération de déchets dangereux ayant fourni des émissions totales sur la base de mesures directes pour l'année 2007. Le site a brûlé 177 tonnes de déchets dangereux et émis 0,03 tonne de N₂O. Ainsi, le coefficient d'émission de 169 g CH₄/tonnes de déchets dangereux a été déterminé. Les émissions de CH₄ des boues d'épurations sont estimées à l'aide du coefficient d'émission de 9,7 kg/kt du total des solides séchés pour les incinérateurs de boues à lit fluidisé, obtenu auprès de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (U.S. EPA, 1995). Les émissions de CH₄ provenant de l'incinération des boues d'épuration dépendent de la quantité de solides séchés incinérés. Pour calculer les émissions de CH₄, la quantité de solides séchés incinérés est multipliée par un coefficient d'émission approprié.

Équation A3.6-11 (modifiée de l'équation 5.4 des Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$\text{Émissions de CH}_4 = \sum(D_f \times CE_f)$$

<i>Émissions de CH₄</i>	=	émissions de CH ₄ provenant de l'incinération des déchets produits dans l'année visée par l'inventaire
<i>D_f</i>	=	quantité totale de déchets incinérés à l'installation <i>f</i>
<i>CE_f</i>	=	coefficient d'émission le plus approprié pour l'installation <i>f</i>

Émissions de N₂O

Comme pour les émissions de CH₄, la quantité d'émissions de N₂O produites par l'incinération est déterminée pour chaque installation à l'aide de coefficients d'émission par défaut provenant des Lignes directrices 2006 du GIEC. Les coefficients d'émission sont multipliés par la quantité totale annuelle de déchets incinérés par l'installation (Équation A3.6-12). Les coefficients d'émission varient selon le type de matières premières de l'incinérateur (incinération continue, semi-continue et par lot). Les coefficients d'émission par défaut pour les déchets solides ont été utilisés conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000) étant donné qu'aucune valeur propre aux déchets médicaux n'a été fournie. Les émissions de N₂O pour un site donné ont donc été calculées à l'aide des coefficients d'émission par défaut pour les incinérateurs (fourneau mécanique) fonctionnant de manière continue (50 g N₂O/t déchets incinérés) et pour ceux fonctionnant par lot (60 g N₂O/t déchets incinérés), tirés du GIEC (2006). Les émissions de N₂O provenant de l'incinération des boues d'épuration ont été mises à jour en utilisant le coefficient d'émission par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC, soit 0,99 kg/t de boues d'épuration séchées incinérées (GIEC, 2006). Les coefficients d'émission de N₂O associé aux déchets dangereux ont été calculés à l'aide de la même méthode que pour le CH₄. Les mesures directes de 0,56 tonne de N₂O pour 177 tonnes de déchets dangereux brûlés en 2007 résultent en un coefficient d'émission de 3 164 g N₂O/tonne de déchets dangereux.

Il est à noter que bien que les Lignes directrices 2006 du GIEC fournissent un coefficient d'émission pour les incinérateurs de DSM à incinération à ciel ouvert, il est présumé qu'aucune installation d'incinération de DSM ne pratique l'incinération à ciel ouvert au Canada. Le coefficient d'émission le plus approprié pour chaque installation a été choisi.

Équation A3.6-12 (modifiée de l'équation 5.5 des Lignes directrices 2006 du GIEC)

$$\text{Émissions de N}_2\text{O} = \sum(D_f \times CE_f)$$

<i>Émissions de N₂O</i>	=	émissions de N ₂ O provenant de l'incinération de DSM produits dans l'année visée par l'inventaire
<i>D_f</i>	=	quantité totale de DSM incinérés à l'installation <i>f</i>
<i>CE_f</i>	=	coefficient d'émission le plus approprié pour l'installation <i>f</i>

La liste complète des coefficients d'émission utilisés se trouve dans le Tableau A3.6-12.

Émissions totales

Le Tableau A3.6-13 résume les émissions provenant d'installations VED et non VED. Les émissions produites par les installations VED sont déclarées dans le secteur Énergie, tandis que les émissions produites par les installations non VED sont déclarées dans le secteur Déchets.

Tableau A3.6–12 Coefficients d'émission de N₂O et de CH₄ par défaut pour les installations d'incinération

Type de déchet	Type d'alimentation	Type d'incinérateur	Coefficient d'émission de CH ₄	Coefficient d'émission de N ₂ O
Déchets solides municipaux	Continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00 g/t
Déchets solides municipaux	Continue	Lit fluidisé	0,00	50,00 g/t
Déchets solides municipaux	Semi-continue	Fourneau mécanique	6,00	50,00 g/t
Déchets solides municipaux	Semi-continue	Lit fluidisé	188,00	50,00 g/t
Déchets solides municipaux	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	60,00 g/t
Déchets solides municipaux	Par lot	Lit fluidisé	237,00	60,00 g/t
Déchets dangereux	Continue	Fourneau mécanique	169,49	3 163,84 g/t
Déchets dangereux	Par lot	Fourneau mécanique	169,49	3 163,84 g/t
Boues d'épuration	Continue	Lit fluidisé	9,70	990,00 g/t
Boues d'épuration	Continue	Fourneau mécanique	9,70	990,00 g/t
Déchets médicaux	Continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00 g/t
Déchets médicaux	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	60,00 g/t
Déchets médicaux	Semi-continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00 g/t
Autres boues	Continue	Fourneau mécanique	0,20	450,00 g/t
Autres boues	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	450,00 g/t
Déchets liquides d'origine fossile	Continue	Fourneau mécanique	0,20	100,00 g/t
Déchets liquides d'origine fossile	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	100,00 g/t
Déchets industriels	Continue	Fourneau mécanique	0,20	50,00 g/t
Déchets industriels	Continue	Lit fluidisé	0,00	50,00 g/t
Déchets industriels	Semi-continue	Fourneau mécanique	6,00	50,00 g/t
Déchets industriels	Semi-continue	Lit fluidisé	188,00	50,00 g/t
Déchets industriels	Par lot	Fourneau mécanique	60,00	60,00 g/t
Déchets industriels	Par lot	Lit fluidisé	237,00	60,00 g/t

A3.6.3.2. Brûlage à l'air libre des déchets (5.C.2)

Le Canada n'estime pas actuellement les émissions de GES provenant de la combustion à air libre des déchets. Bien que la combustion à air libre dans les sites d'enfouissement soit interdite par règlement dans la plupart des provinces et des territoires, il existe des preuves anecdotiques que certains brûlages à ciel ouvert se produisent encore dans les régions rurales du pays. Cependant, il s'agit d'une source mineure d'émissions par rapport à d'autres activités. Le niveau probable des émissions provenant de la combustion à air libre des déchets solides municipaux au Canada (estimation pour 2010) était de près de 100 kt ou 0,015 % des émissions nationales totales. Cela représente moins de 0,05 % des émissions totales et moins que le seuil de 500 kt précisé au paragraphe 37(b) de l'Annexe I des directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires. Comme cette valeur des émissions peut être considérée comme représentative pour toutes les années, cette source peut être considérée comme non significative.

Tableau A3.6–13 **Sommaire national des émissions d'éq. CO₂ (kilotonnes) provenant de l'incinération, de 1990 à 2021**

Année	Installations non VED				Installations VED DSM
	DSM	Déchets médicaux	Déchets dangereux	Boues d'épuration	
1990	40	2	183	39	352
1991	40	2	188	42	352
1992	41	2	198	44	419
1993	41	3	201	46	386
1994	41	3	233	51	333
1995	40	3	264	51	331
1996	40	3	237	56	339
1997	39	3	214	54	331
1998	37	2	241	53	332
1999	33	2	225	56	347
2000	33	2	240	56	337
2001	33	2	274	57	332
2002	33	2	285	61	336
2003	33	2	271	58	294
2004	29	3	242	57	300
2005	23	3	264	57	298
2006	23	3	245	58	301
2007	23	3	238	57	286
2008	23	3	238	57	289
2009	18	4	209	58	285
2010	15	3	236	58	262
2011	11	3	225	63	289
2012	12	3	98	61	344
2013	10	4	104	73	337
2014	8	4	83	79	297
2015	7	3	111	76	375
2016	8	4	114	77	414
2017	8	5	114	64	395
2018	8	5	100	67	394
2019	8	5	94	69	393
2020	8	5	86	64	463
2021	9	5	74	64	465

A3.6.4. Émissions provenant du Traitement et rejet des eaux usées (5.D)

Les estimations des émissions pour la catégorie du traitement et du rejet des eaux usées comprennent les émissions de CO₂, CH₄ et N₂O attribuables à la transformation des matières organiques et des éléments nutritifs dans les systèmes de traitement des eaux usées. Cependant, les émissions biogènes de CO₂ ne sont pas incluses dans les totaux de ce secteur, car elles sont considérées comme étant d'origine biogène et ayant surgi pendant la même année que les émissions (et sont donc prises en compte dans les secteurs AFAUT).

Les émissions de CH₄ issues du traitement des eaux usées municipales et industrielles, de la digestion anaérobie de boues sur place dans les installations de traitement des eaux usées, et de l'émission de matières organiques qui restent dans les effluents d'eaux usées sont estimées conformément aux méthodes fournies dans les Lignes directrices 2006 et la Révision 2019 du GIEC. Pour l'instant, les émissions de N₂O sont estimées en fonction de l'azote total dans les eaux usées conformément aux méthodes décrites dans les Lignes directrices 2006 et la Révision 2019 du GIEC. Les estimations des émissions de N₂O totales dépendent de la technologie de traitement utilisée.

Les émissions provenant du traitement des eaux usées municipales sont déterminées par habitant. La charge de matières organiques par habitant dans les eaux usées et la population desservie par type de traitement sont les principales données d'activités pour les émissions de CH₄. La charge d'azote dans les eaux usées, estimée à partir de la consommation de protéines par habitant, est la principale donnée d'activités pour les émissions de N₂O.

Au Canada, la plupart des eaux usées sont traitées dans des stations d'épuration municipales centralisées, qui reçoivent les eaux usées des utilisateurs domestiques, commerciaux et industriels. Certaines municipalités côtières recueillent et rejettent des eaux usées non traitées dans la mer. De nombreux Canadiens dans des régions rurales et éloignées, mais aussi dans certaines parties de centres urbains, utilisent des fosses septiques privées ou communautaires pour le traitement des eaux usées. Les grandes industries traitent ou prétraitent leurs eaux usées sur place et sont prises en compte séparément des installations de traitement des eaux usées municipales, dans la section A3.6.4.2, dans la catégorie Traitement sur place des eaux usées industrielles.

A3.6.4.1. Traitement et rejet des eaux usées municipales – CH₄

Les estimations des émissions des installations municipales de traitement des eaux usées sont calculées à l'aide des méthodes de Niveau 2 fournies dans les Lignes directrices 2006 et la Révision 2019 du GIEC, avec des coefficients propres au pays (GIEC, 2006; GIEC, 2019). La Révision 2019 fournit des coefficients d'émission et des méthodes à jour pour estimer les émissions des plans d'eau récepteurs.

Les estimations de CH₄ sont fondées sur les charges des matières organiques basées sur la population, la technologie de traitement utilisée et les caractéristiques du plan d'eau récepteur (Figure A3.6–4 : Diagramme du flux de matières organiques dans les eaux usées). Les émissions de CH₄ sont issues de l'activité microbienne pendant le traitement, la digestion anaérobie des boues et dans le plan d'eau récepteur.

La technologie de traitement utilisée influe sur les émissions associées au traitement, l'élimination des matières organiques comme les boues et la quantité de matières organiques qui demeurent dans l'effluent (ce qui contribue par la suite aux émissions associées aux plans d'eau récepteurs). La première étape pour estimer les émissions de CH₄ associées aux eaux usées consiste à déterminer la population qui utilise chaque type de technologie de traitement.

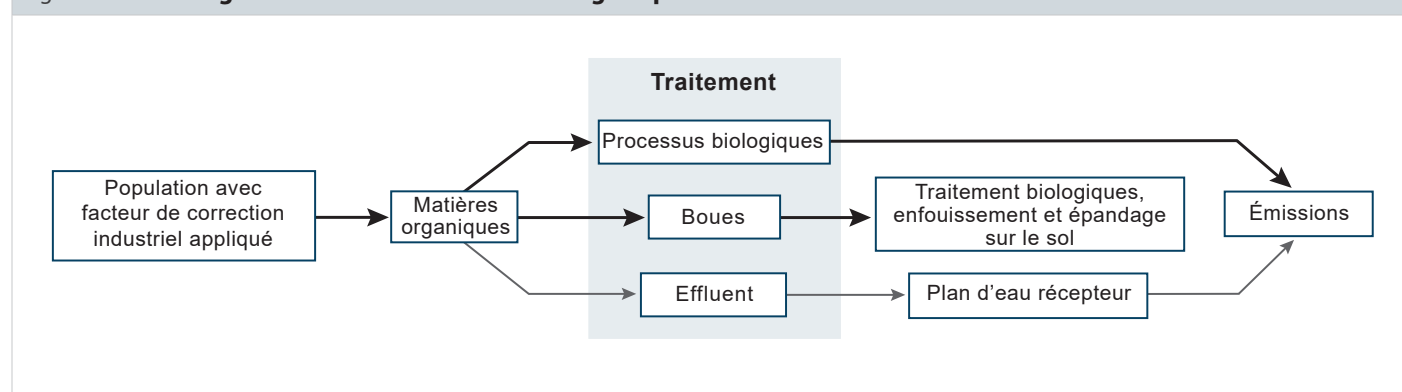
Les émissions de méthane attribuables aux installations de traitement des eaux usées sont produites à trois étapes distinctes (Figure A3.6–4) :

- Traitement des eaux usées
- Digestion anaérobie des boues
- Activité microbienne des matières organiques rejetées dans le plan d'eau récepteur

Les matières organiques qui sont rejetées dans les eaux usées (données sur les activités) sont converties en CH₄ (ou en CO₂) par l'activité microbienne à chacune de ces trois étapes. Les émissions issues du procédé de traitement des eaux usées et les matières organiques retirées sous forme de boues ou rejetées dans le plan d'eau récepteur avec l'effluent dépendent de la technologie de traitement.

Les émissions de CH₄ totales attribuables aux installations d'eaux usées de chaque province ou territoire peuvent être déterminées en additionnant les émissions de chacune des trois étapes, comme il est indiqué dans l'Équation A3.6–13. Les émissions nationales représentent la somme de toutes les émissions provinciales et territoriales.

Figure A3.6–4 **Diagramme du flux de matières organiques dans les eaux usées**



Équation A3.6–13

$$CH_4 = CH_{4 \text{ Traitement}} + CH_{4 \text{ DA}} + CH_{4 \text{ Plan d'eau récepteur}}$$

CH_4	=	émissions de CH_4 associées aux eaux usées, pour la province, p
$CH_{4 \text{ Traitement}}$	=	émissions de CH_4 associées au procédé de traitement des eaux usées (en tonnes de CH_4)
$CH_{4 \text{ DA}}$	=	émissions de CH_4 associées à la digestion anaérobie des boues sur place aux installations de traitement des eaux usées (en tonnes de CH_4)
$CH_{4 \text{ Plan d'eau récepteur}}$	=	émissions de CH_4 associées aux eaux usées rejetées dans les plans d'eau récepteurs (en tonnes de CH_4)

Méthodologie

En fin de compte, les émissions dépendent de la population et de la technologie de traitement utilisée. La charge des matières organiques — la masse de matières organiques introduites dans les eaux usées — est tributaire de la population desservie. La technologie de traitement à laquelle le système de traitement des eaux usées est connecté (le cas échéant) détermine le degré d'émissions issues du procédé de traitement, la quantité de matières organiques retirées sous forme de boue et la quantité de matières organiques qui restent dans les effluents d'eaux usées. Les matières organiques qui restent dans les effluents contribuent également aux émissions de CH_4 (GIEC, 2019). Les matières organiques retirées sous forme de boue sont parfois traitées dans des digesteurs anaérobies sur place dans les installations de traitement des eaux usées. Dans ces cas, les émissions de CH_4 attribuables à la digestion anaérobie sont comprises dans les totaux des eaux usées.

Les matières organiques retirées sous forme de boue (après toute réduction découlant de la digestion anaérobie sur place) peuvent ensuite devenir des apports pour la comptabilisation et les calculs des émissions dans d'autres sections, notamment Traitement biologique des déchets solides (section A3.6.2), Élimination des déchets solides (sites d'enfouissement) (section A3.6.1) et Incinération (section A3.6.3). Il est question de la comptabilisation des boues d'épuration, soit de déterminer les quantités transférées à chaque devenir ou section susmentionnés, dans la présente section.

Le terme « système de traitement des eaux usées » est utilisé pour désigner un système d'égouts ou de récupération des eaux usées. Il ne s'agit pas nécessairement d'une installation de traitement des eaux usées. Dans certains cas, les eaux usées sont récupérées, mais rejetées dans la mer. Les systèmes de traitement pourraient également employer plus d'un type de technologie de traitement, comme différents types de lagunes d'épuration fonctionnant en série ou en parallèle.

Émissions provenant du traitement des eaux usées

Les émissions de CH_4 sont estimées pour chaque province en fonction de la charge de matières organiques dans les eaux usées, des matières organiques retirées sous forme de boue et de coefficients d'émission propres à la technologie de traitement, tel qu'indiqué dans l'Équation A3.6–14.

Équation A3.6–14

$$CH_{4 \text{ Traitement}} = \sum_t [CE_{CH_4, t} \times (Charge \text{ organique}_t - \text{Organiques retirées sous forme de boue}_t)]$$

$CH_{4 \text{ Traitement}}$	=	émissions de CH_4 issues du traitement des eaux usées, en tonnes de CH_4
t	=	type ou catégorie de technologie de traitement (p. ex., lagune facultative)
$CE_{CH_4, t}$	=	coefficient d'émission de CH_4 pour la technologie de traitement des eaux usées de type t , en tonnes de CH_4 /tonnes de DBO_5
$Charge \text{ organique}_t$	=	charge des matières organiques dans les systèmes de traitement des eaux usées/de rejet de type t , en tonnes de DBO_5
$\text{Matières organiques retirées sous forme de boue}_t$	=	les matières organiques qui sont retirées des eaux usées sous forme de boue, mesurées sous forme de tonnes de DBO_5 , estimée au moyen des équations A3.6–18 et A3.6–19

Coefficient d'émission

Le coefficient d'émission pour le traitement et le rejet des eaux usées dépend de la capacité de production maximale théorique de CH_4 (B_0) pour les eaux usées et d'un facteur de correction du méthane (FCM) propre à la technologie de traitement, comme illustré dans l'Équation A3.6–15 et le Tableau A3.6–14. La capacité maximale de production de CH_4 a été établie à 0,36 kg de CH_4 par kg de DBO_5 par AECOM (2011). Le FCM est la fraction du CH_4 potentiel qui est produite par chaque type de traitement et varie de 0 à 1 (GIEC, 2006), selon le type de système de traitement.

Tableau A3.6–14 Coefficients d'émission de CH₄ pour le Traitement et rejet des eaux usées

Catégorie de traitement	FCM	CE	Source : FCM	Efficacité d'élimination de la DBO ₅	Source : Efficacité d'élimination de la DBO ₅	DBO ₅ issue des boues par DBO ₅ retirée des eaux usées	Source : DBO ₅ issue des boues par DBO ₅ retirée des eaux usées
Aucun traitement	ND	ND	GIEC (2006)	0	GIEC (2019)	0	
Traitement primaire	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,4	GIEC (2019)	1	Envirosim (2019), Tableau 3
Lagune d'épuration aérobie	0	0	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,01	Envirosim (2019), Tableau 6
Lagune d'épuration anaérobie	0,8	0,288	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,02	Envirosim (2019), Tableau 6
Lagune d'épuration facultative	0,2	0,072	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,01	Envirosim (2019), Tableau 6
Autre / lagune d'épuration de type non précisé	0,2	0,072	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,01	Envirosim (2019), Tableau 6
Traitement secondaire anaérobie	0,8	0,288	GIEC (2006)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,46	Modélisation en tant que traitement secondaire aérobie
Traitement secondaire par boues activées	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,95	GIEC, (2019)	0,46	Envirosim (2019), Tableau 2, traitement secondaire avec traitement primaire et nitrification
Lit bactérien	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,6	Envirosim (2019), Tableau 5
Lit bactérien – charge élevée	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,75	Envirosim (2019), Tableau 5
Disques biologiques	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,85	Analyse interne d'ECCE	0,23	Surampalli et Baumann (1995)
Réacteurs biologiques séquentiels	0,05	0,018	Taseli (2018)	0,9	Analyse documentaire	0,46	Si l'on présume des similitudes avec le traitement secondaire par boues activées. Voir Mahvi (2008)
Traitement secondaire par biofiltration	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,95	Analyse documentaire	0,46	Si l'on présume des similitudes avec le traitement secondaire par boues activées
Traitement secondaire avec élimination biologique des éléments nutritifs	0,03	0,0108	GIEC (2019)	0,98	Analyse documentaire / GIEC (2019) / Envirosim (2019) si l'on présume que le traitement primaire est inclus	0,46	Envirosim, Tableau 2, traitement secondaire avec traitement primaire et nitrification
Fosse septique	0,5	0,18	GIEC (2006)	1	Si l'on présume un champ de dispersion	0,5	GIEC (2019), Équation 6.3
Fosse septique avec décharge en mer	0,5	0,18	GIEC (2006)	0,625	GIEC (2019), Tableau 6.6B	0,5	GIEC (2019), Équation 6.3
Terres humides	0,17	0,0612	Supplément (2014) du GIEC pour les terres humides	0,975	Estimation	0	Si l'on présume qu'il n'y a pas de dragage
Autre / inconnu	0,2	0,072	Modélisation en tant que lagune facultative	0,85	Modélisation en tant que lagune facultative	0,01	Modélisation en tant que lagune facultative

Note :
ND = non disponible

$$CE_{CH_4} = B_0 \times FCM$$

CE_{CH_4}	=	coefficient d'émission pour le type de traitement t , en tonnes de CH_4 /tonnes de DBO_5
B_0	=	capacité maximale théorique de production de CH_4 , en tonnes de CH_4 /tonnes de DBO_5
FCM	=	facteur de correction du CH_4 pour le type de traitement t , fraction

Charge organique

Les émissions de CH_4 provenant des systèmes municipaux de traitement des eaux usées sont déterminées en fonction de la charge organique des eaux usées, par province (mesurée en tant que demande biogéochimique en oxygène, test de 5 jours ou DBO_5). La charge organique est déterminée à partir du taux de charge organique par habitant (DBO_5 /habitant/jour) de 0,06 kg/personne/jour, et un coefficient de correction des apports industriels et commerciaux de 1,25 (GIEC, 2006).

Le total annuel de charge organique de chaque type de technologie de traitement des eaux usées dans une province est calculé comme le montre l'Équation A3.6–16.

$$Charge\ organique_{(t)} = Pop_{(t)} \times CorInc \times ParHabDBO_5 \times 365 \times 0,001$$

$Charge\ organique_{(t)}$	=	charge organique annuelle dans les systèmes de traitement des eaux usées t , en tonnes de DBO_5
$Pop_{(t)}$	=	population qui utilise (qui est connectée) les systèmes de traitement des eaux usées d'une technologie de type t
$CorInc$	=	coefficient de correction pour les apports industriels et commerciaux dans les eaux usées municipales, avec une valeur de 1,25 (GIEC, 2006)
$ParHabDBO_5$	=	charge organique par personne selon le système de traitement des eaux usées, en kg de DBO_5 /personne par jour
365	=	conversion des jours en année
0,001	=	conversion des kg de DBO_5 en tonnes de DBO_5

Population qui utilise chaque technologie de traitement, par province

Il y a plus de 3 800 systèmes de traitement ou de rejet des eaux usées (système de traitement des eaux usées) au Canada. De plus, une grande partie de la population est dotée de fosses septiques privées.

La population totale desservie par chaque technologie de traitement dans chaque province est déterminée en additionnant le nombre de personnes desservies par (connectée à) chaque système de traitement des eaux usées (c'est-à-dire, égout ou installation) doté de chaque type de traitement. Cependant, puisque peu de systèmes de traitement des eaux usées ont des mesures directes du nombre de personnes qu'ils desservent, la population desservie par chaque système de traitement doit plutôt être estimée.

Pour estimer la population desservie par chaque installation, l'approche géographique est adoptée :

1. Cartographier la population de chaque région métropolitaine de recensement (RMR) et de chaque division de recensement (DR), à l'exception des régions qui chevauchent les RMR, depuis 1990, en tenant compte des limites géographiques changeantes de chaque recensement (recensements de la population de Statistique Canada de 1991, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016; limites des régions administratives des recensements de Statistique Canada [fichiers de forme ou géodatabases] des recensements de 1996, 2016 et 2016).
2. Déterminer la population de chaque région connectée aux systèmes de traitement des eaux usées et population qui utilise des fosses septiques privées ou communautaires.
3. Distribuer la population de la RMR ou de la DR qui rejette vers un réseau d'égout municipal entre les systèmes de traitement des eaux usées dans la région conformément au volume relatif d'eaux usées que le système traite dans une année. Par exemple, il est supposé qu'une installation qui traite 30 % du volume total annuel d'eaux usées d'une RMR dans une année donnée dessert 30 % de la population dans cette RMR qui est connectée au réseau d'égout municipal cette année-là.

La population totale qui utilise chaque technologie de traitement pour chaque province chaque année est déterminée en additionnant la population connectée au système de traitement des eaux usées doté de cette technologie, conformément à l'Équation A3.6–17.

Équation A3.6–17

$$Population_utilisant_système_t = \sum_i \frac{Volume\ traité_{i,t}}{Total\ volume\ traité_{région}} * Population_{égout\ mun, région}$$

Population_utilisant_système_{i,t}	=	la population estimée desservie par le système municipal de traitement des eaux usées de type t
Volume traité_{i,t}	=	le volume d'eaux usées traitées par installation i, ou rejetées par celle-ci
région	=	la région (région métropolitaine de recensement ou division de recensement) où est situé chaque système i (remarque : les limites géographiques de recensement changent au fil du temps)
Total volume traité_{région}	=	le volume total d'eaux usées traitées par tous les systèmes municipaux de traitement des eaux usées dans la région où le système i est situé.
Population_{égout mun, région}	=	la population de la région où le système i est situé, qui habite dans des résidences connectées à des systèmes d'égout municipaux (comparativement à des fosses septiques privées)

La population qui rejette ses eaux usées dans des systèmes d'égout municipaux par rapport à celle qui les rejette dans des fosses septiques privées ou communautaires est déterminée à partir d'une analyse de l'Enquête sur les ménages et l'environnement (Statistique Canada, s.d. [c]). L'utilisation de fosses septiques par rapport à des égouts peut seulement être déterminée à la résolution spatiale de la région métropolitaine de recensement et du « reste de la province ». En d'autres termes, toutes les divisions de recensement dans une province sont traitées comme étant unique pour déterminer l'utilisation de fosses septiques ou de systèmes de traitement municipaux.

Le volume des eaux usées rejetées (volume traité) de la plupart (>2 500) des systèmes de traitement des eaux usées au Canada et la technologie de traitement utilisée sont déclarés par l'entremise du Système d'information pour les rapports réglementaires sur les effluents (SIRRE) en vertu du *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées de la Loi sur les pêches* (Canada, 2012). Les dossiers de cette source commencent en 2013. Pour compléter la série chronologique et combler les lacunes éventuelles de données, les informations suivantes ont également été recueillies : les volumes déclarés, le type de technologie de traitement et des précisions sur la construction, la mise à niveau et la mise hors service des installations à partir d'anciens inventaires nationaux, des inventaires et des rapports provinciaux, des rapports annuels des installations de traitement, des sites Web municipaux, des rapports techniques, des articles scientifiques, des informations de presse et d'autres sources disponibles. Parmi les autres sources de données notables, outre les données recueillies par le SIRRE, il y a l'inventaire national des réseaux d'aqueducs et des systèmes de traitement des eaux usées municipaux au Canada, 1996 (ministre de l'Approvisionnement et des Services Canada, 1987), le gouvernement du Québec (Québec 2003, 2005 et 2013), le ministère de l'Environnement de l'Ontario (1985), et le portail sur les ressources en eau de Terre-Neuve (s.d.).

Les données sur l'utilisation de fosses septiques (et l'utilisation de systèmes municipaux de traitement des eaux usées) et les volumes traités ne sont pas disponibles pour toutes les années. Des lacunes dans la série chronologique sur l'utilisation de fosses septiques selon la province et la région métropolitaine de recensement sont interpolées de façon linéaire et extrapolées en maintenant les valeurs constantes. Les lacunes dans les séries chronologiques sur les volumes d'eaux usées sont interpolées de façon linéaire et extrapolées par mise à l'échelle à partir de la valeur la plus proche connue conformément aux changements démographiques régionaux.

De nombreux petits systèmes n'ont pas de volumes déclarés pour une quelconque année (1 426 systèmes). Cela pourrait s'expliquer par le fait que le seuil de déclaration obligatoire de 100 m³/jour du *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées* (RESAEU) n'est jamais atteint ou parce que ces petits systèmes ont mis fin à leurs activités avant l'entrée en vigueur du Règlement en 2014. Ces systèmes se voient attribuer un volume de traitement d'une valeur de 50 m³/jour (ce qui correspond aux populations d'environ 50 à 200 personnes, variant par région). Même avec l'attribution de ce volume, ces petits systèmes représentent une contribution négligeable au volume global d'eaux usées traitées au Canada.

La technologie de traitement d'un système de traitement des eaux usées donné est extrapolée en maintenant constantes l'ancienne technologie et celle qui est la plus récente. Lorsque la technologie de traitement d'un système de traitement des eaux usées donné a changé au fil du temps et que l'année exacte du changement est inconnue, le type de technologie est interpolé en reportant l'ancienne technologie à la première année déclarée de la nouvelle technologie (c'est-à-dire qu'il est présumé que la première occurrence de la nouvelle technologie devrait correspondre à l'année de la mise à niveau).

La population estimée connectée à chaque type de technologie de traitement, par province et territoire, est indiquée dans la Figure A3.6–5. Les pourcentages de la population canadienne connectée aux systèmes de traitement des eaux usées de chaque technologie de traitement sont indiqués dans le Tableau A3.6–15.

Matières organiques éliminées sous forme de boue

L'élimination des boues n'est pas mesurée directement à toutes les installations au Canada et elle est donc estimée en la modélisant en fonction de la technologie de traitement. En plus de la technologie de traitement, il y a de nombreux facteurs en cause qui auront une incidence sur l'élimination des boues, comme les températures de fonctionnement et les débits. Cependant, l'élimination moyenne des boues dans l'ensemble des diverses technologies de traitement utilisées au Canada peut servir à la préparation d'estimations à l'échelle provinciale.

Les matières organiques éliminées des eaux usées sous forme de boues, mesurées comme unités de DBO_5 , sont estimées conformément à l'Équation A3.6–18 et à l'Équation A3.6–19, à l'aide de paramètres présentés dans le Tableau A3.6–13.

Équation A3.6–18

$$\text{Organiques_éliminées_par_traitement}_t = \text{Charge organique}_t \times \text{Efficacité_élimination_DBO}_5$$

<i>Organiques_éliminées_par_traitement</i>	=	quantité totale de matières organiques (mesurée sous forme de DBO_5) éliminées des eaux usées, pour le type de traitement t , en tonnes de DBO_5
<i>Charge organique_t</i>	=	charge organique dans le système de traitement/de rejet des eaux usées, en tonnes de DBO_5
<i>Efficacité_élimination_DBO_t</i>	=	efficacité moyenne ou typique de la technologie de traitement des eaux usées, au Canada, pour éliminer la DBO_5 des eaux usées (Tableau A3.6–13), fraction

Équation A3.6–19

$$\text{DBO}_5_éliminée_sous_forme_de_boues}_t = \text{Organiques_éliminées_via_traitement}_t \times \text{DBO}_5_boues_par_DBO_5_éliminée}_t$$

<i>DBO_5_éliminée_sous_forme_de_boues_t</i>	=	quantité de DBO_5 (t DBO_5) éliminée des eaux usées sous forme de boues par type de traitement t
<i>Organiques_éliminées_par_traitement_t</i>	=	quantité totale de matières organiques (mesurées sous forme de DBO_5) éliminée des eaux usées, par type de traitement t
<i>DBO_5_boues_par_DBO_5_éliminée_t</i>	=	facteur propre à la technologie de traitement pour la quantité de DBO_5 éliminée des eaux usées sous forme de boues par unité de DBO_5 éliminée pendant le traitement (pas 1:1 en raison d'autres mécanismes d'élimination de DBO_5 comme les émissions)

Figure A3.6–5 Population desservie par chaque type de technologie de traitement, par province et territoire

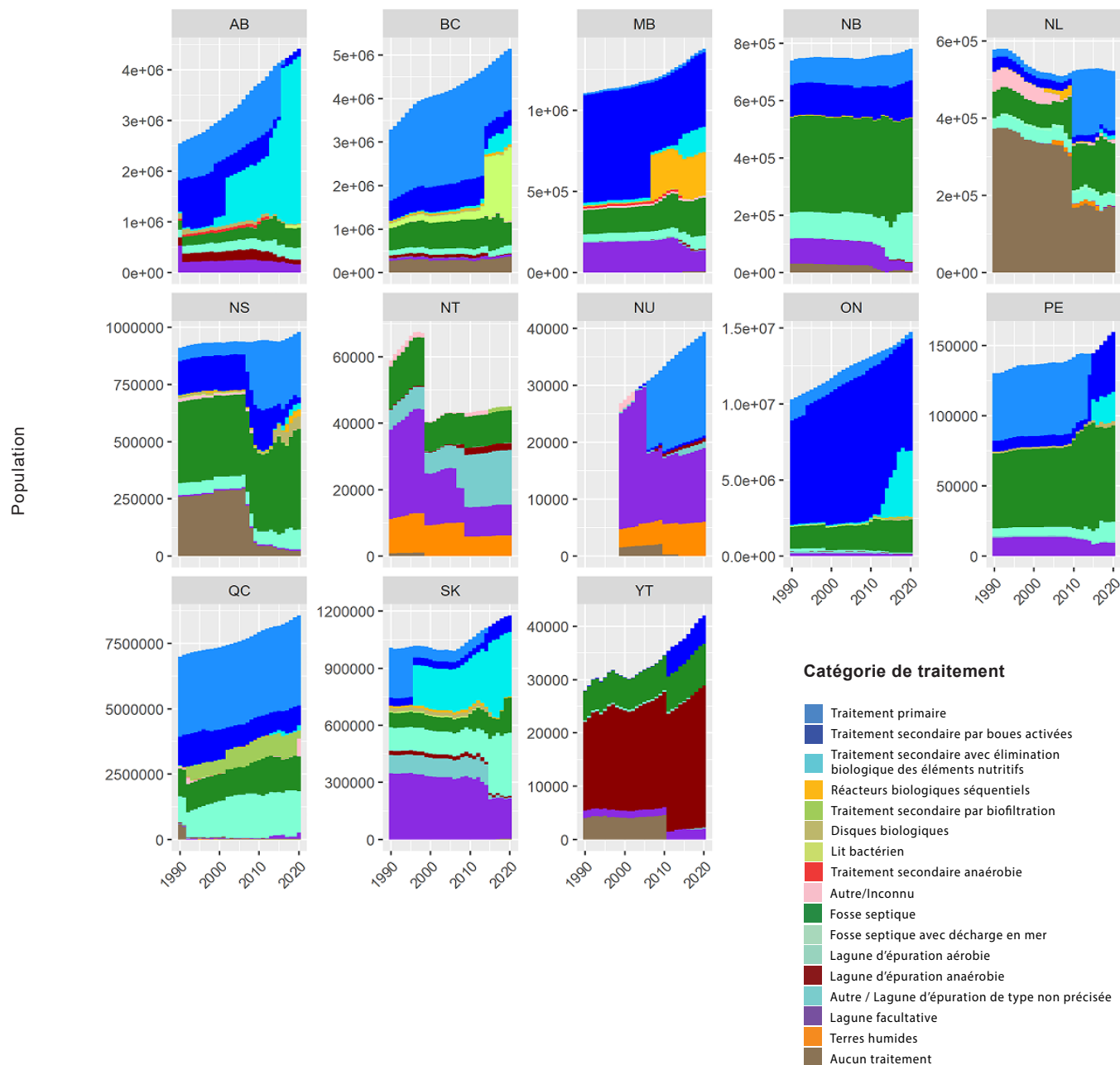


Tableau A3.6–15 **Pourcentage de la population canadienne qui utilise chaque type de technologie de traitement des eaux usées**

Catégorie de traitement	Année							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Lagune d'épuration aérobie	8,8	6,9	7,0	7,6	7,1	7,4	7,4	7,3
Lagune d'épuration anaérobie	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	0,5	0,4	0,4
Lagune facultative	5,3	4,0	3,8	3,6	3,4	2,7	2,5	2,5
Aucun traitement	3,4	3,3	3,0	2,9	1,6	1,6	1,2	0,7
Autre/Inconnu	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1
Autre/lagune d'épuration de type non précisé	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,2	0,1	0,1
Traitement primaire	26,4	24,6	23,6	23,3	24,0	18,8	15,2	15,6
Disques biologiques	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
Traitement secondaire par boues activées	36,1	39,7	40,9	37,9	36,7	27,9	24,2	24,2
Traitement secondaire anaérobie	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
Traitement secondaire par biofiltration	0,0	1,9	1,7	2,3	2,6	2,7	3,4	3,3
Traitement secondaire avec élimination biologique des éléments nutritifs	0,5	0,5	1,8	4,3	4,5	15,6	24,2	24,3
Fosse septique	15,3	15,1	14,4	14,2	15,7	16,8	15,1	15,1
Fosse septique avec décharge en mer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Réacteurs biologiques séquentiels	0,2	0,2	0,2	0,3	1,1	1,0	1,2	1,2
Lit bactérien	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	4,1	4,4	4,4
Terres humides	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre à 100 %.

Émissions associées au plan d'eau récepteur (matières organiques qui restent dans l'effluent)

Le Canada emploie une approche de Niveau 1 de la Révision 2019 du GIEC (GIEC, 2019). Les émissions sont calculées à l'aide de l'Équation A3.6–20 à l'Équation A3.6–22. Les types de plans d'eau récepteurs sont inconnus, mais une valeur propre au pays pour B_0 (de 0,36) est utilisée pour déterminer le coefficient d'émission, de 0,0396 kg CH_4 par kg DBO_5 dans l'effluent d'eaux usées rejeté dans les plans d'eau récepteurs.

Équation A3.6–20

$$CH_{4, \text{Plan d'eau récepteur}} = CE_{CH_4, \text{plan d'eau récepteur}} \times \text{Charge organique}_{\text{effluent}}$$

$CH_{4, \text{Plan d'eau récepteur}, p}$	=	émissions de CH_4 associées aux plans d'eau récepteurs de la province p
$CE_{CH_4, \text{plan d'eau récepteur}}$	=	coefficient d'émission de CH_4 lié à la technologie de traitement des eaux usées, en tonnes de CH_4 / tonnes de DBO_5
$\text{Charge organique}_{\text{effluents}}$	=	charge organique associée au traitement des eaux usées qui sont rejetées dans le plan d'eau récepteur sous forme d'effluents, en tonnes de DBO_5

Équation A3.6–21

$$CE_{CH_4, \text{plan d'eau récepteur}} = B_0 \times FCM$$

$CE_{CH_4, \text{plan d'eau récepteur}}$	=	coefficient d'émission, kg CH_4 /kg DBO_5 pour les eaux usées rejetées dans les plans d'eau récepteurs
B_0	=	capacité maximale théorique de production de CH_4 , 0,36 kg CH_4 /kg DBO_5 (AECOM, 2011)
FCM	=	facteur de correction du méthane (FCM), fraction. Valeur par défaut de niveau de la Révision 2019 du GIEC établie à 0,11, pour un type de plan d'eau récepteur non précisé

La DBO₅ rejetée dans des plans d'eau récepteurs varie selon la technologie de traitement. La DBO₅ totale rejetée dans les plans d'eau récepteurs peut être calculée comme étant un bilan massique fondé sur l'efficacité d'élimination de la technologie de traitement.

Équation A3.6–22

$$\text{Charge organique}_{\text{effluent}} = \sum_t [\text{Charge organique}_t \times (1 - \text{Efficacité élimination DBO}_5)]$$

Charge organique_{effluents}	=	quantité de matières organiques, mesurée sous forme de DBO ₅ rejetée dans les plans d'eau récepteurs par la technologie de traitement de type <i>t</i> , en tonnes de DBO ₅
Charge organique_t	=	charge organique dans le système de traitement/rejet des eaux usées de type <i>t</i> , en tonnes de DBO ₅
Efficacité élimination DBO₅	=	efficacité typique de la technologie de traitement des eaux usées, au Canada, pour éliminer la DBO ₅ des eaux usées (Tableau A3.6–13)

Émissions attribuables à la digestion anaérobie des boues dans des installations de traitement des eaux usées

Les émissions attribuables à la digestion anaérobie effectuée dans les usines de traitement des eaux usées sont déclarées dans la catégorie Eaux usées, conformément à la Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2019). La digestion anaérobie et le compostage des boues sont effectués à l'extérieur du site des usines de traitement des eaux usées. Cependant, ils sont déclarés dans la catégorie Traitement biologique (section A3.6.2).

Pour calculer les émissions attribuables à la digestion anaérobie, le poids sec des boues est d'abord estimé, mesuré comme le total des solides en suspension (TSS), à partir de la DBO₅ éliminée des eaux usées par le procédé de traitement et au moyen d'un coefficient de production du TSS par unité de DBO₅ éliminée correspondant à des boues type (Tableau A3.6–16). Puis, la fraction de matières volatiles en suspension (MVS) est déterminée en fonction du rapport typique de MVS à TSS pour chaque type de traitement. Les rapports TSS/DBO₅ et MVS/TSS sont approximatifs et la moyenne a été calculée pour une technologie donnée (Équation A3.6–23 à Équation A3.6–27). Ils ne sont pas représentatifs des opérations au niveau des installations, qui peuvent être effectuées dans diverses conditions de fonctionnement (température, temps de rétention des matières solides, etc.). Toutefois, dans l'ensemble, il est présumé que ces valeurs fournissent une approximation raisonnable des caractéristiques moyennes des boues dans toutes les installations d'un type donné dans une région.

Tableau A3.6–16 Caractéristiques des boues (conversion de la DBO₅ en total de solides en suspension et fraction des matières volatiles en suspension)

Catégorie de traitement	TSS des boues / DBO ₅ (kg/kg)	MVS/TSS	Source
Aucun traitement	ND		
Traitement primaire	1,75	0,83	Envirosim (2019)
Lagune d'épuration aérobie	0,17	0,35	Envirosim (2019)
Lagune d'épuration anaérobie	0,55	0,45	Envirosim (2019)
Lagune facultative	0,33	0,33	Envirosim (2019)
Autre / lagune d'épuration de type non précisé	0,33	0,33	Modélisation en tant que lagune facultative
Traitement secondaire anaérobie	0,95	0,815	Modélisation en tant que traitement secondaire par boues activées
Traitement secondaire par boues activées	0,95	0,815	Envirosim (2019)
Lit bactérien	1,08	0,83	Envirosim (2019)
Lit bactérien à forte charge	1,23	0,84	Envirosim (2019)
Disques biologiques	1,08	0,83	Modélisation en tant que lit bactérien
Réacteurs biologiques séquentiels	0,95	0,815	Modélisation en tant que traitement secondaire par boues activées; Mahvi (2008); U.S. EPA (1999)
Traitement secondaire par biofiltration	0,95	0,815	
Traitement secondaire avec élimination biologique des éléments nutritifs	0,95	0,815	Envirosim (2019)
Fosse septique	0,25	0,5	Estimation d'ECCC fondée sur GIEC (2019) et État de Washington (2004)
Fosse septique avec décharge en mer	0,25	0,5	Estimation d'ECCC fondée sur GIEC (2019) et État de Washington (2004)
Terres humides	ND		Si l'on présume qu'il n'y pas d'élimination de boue
Autre / inconnu	0,33		Modélisation en tant que lagune facultative

Note :
ND = non disponible

Équation A3.6–23

$$TSS_{Boues} = \text{Matières organiques éliminées par traitement} \times TSS \text{ dans boue par } DBO_5 \text{ éliminée}$$

TSS_{Boues}	=	masse du total de solides en suspension dans les boues éliminées des eaux usées, en tonnes
<i>Matières organiques éliminées par traitement</i>	=	Matières organiques retirées des eaux usées par le traitement (en tonnes de DBO_5)
<i>TSS dans boues par DBO_5 éliminée</i>	=	facteur de conversion, masse du TSS par unité de DBO_5 retirée des eaux usées sous forme de boues (tonne / tonne de DBO_5); une fonction de la technologie de traitement (Tableau A3.6–15)

À ce jour, 111 installations municipales de traitement des eaux usées ont été identifiées comme effectuant la digestion anaérobie des boues sur place. Les émissions attribuables à la digestion anaérobie sont calculées à l'échelle de l'installation en fonction de la population estimée desservie par l'installation en question et des boues produites en fonction de la technologie de traitement utilisée, puis les données sont regroupées par province. Le degré d'incertitude à l'échelle de l'installation est considéré comme étant élevé (pas encore quantifié), car les paramètres utilisés représentent les moyennes générales de la technologie et non des configurations propres aux installations. Il est probable que les estimations ne soient pas fiables jusqu'à ce qu'elles soient regroupées à l'échelle provinciale.

Les transferts de boues entre les installations sont également pris en compte. Dans certaines municipalités, les boues peuvent être transférées d'installations de traitement des eaux usées de petite taille pour qu'elles soient traitées dans des installations de grande taille. Les émissions des digesteurs qui découlent de ces transferts ne sont pas prises en compte dans le modèle actuel de traitement des eaux usées.

Équation A3.6–24

$$CH_{4\text{ DA produit}} = TSS_{Réduction_{DA}} \times BiogazPro_{Frac} \times FCH_{4\text{ Biogaz}} \times Densité_{Biogaz} \times 0,001$$

$CH_{4\text{ DA produit}}$	=	méthane produit par la digestion anaérobie de boues (en tonnes)
$TSS_{Réduction_{DA}}$	=	masse du total de solides en suspension réduits par la digestion anaérobie (en kg)
$BiogazPro_{Frac}$	=	volume de biogaz produit par unité du TSS consommé lors de la digestion anaérobie (m^3 /tonne)
$FCH_{4\text{ Biogaz}}$	=	fraction de biogaz qui est du CH_4 , par masse
$Densité_{biogaz}$	=	densité du biogaz (kg/m^3)
0,001	=	unité de conversion, de kg/m^3 à tonne/ m^3

La digestion anaérobie des boues consomme la portion des MVS des boues. La réduction de la quantité de boues (masse) est fondée sur la fraction de matières volatiles en suspension.

Équation A3.6–25

$$TSS_{Réduction_{DA}} = TSS_{Boues} \times \text{rapport} \frac{MVS}{TSS} \times FracMVSÉlimination_{DA}$$

$TSS_{Réduction_{DA}}$	=	masse du total de solides en suspension réduits par la digestion anaérobie (en tonnes)
TSS_{Boues}	=	masse du total des solides en suspension dans les boues (en tonnes)
<i>rapport MVS/TSS</i>	=	rapport de la masse de boue (comme total des solides en suspension; TSS) qui constitue des matières volatiles en suspension (MVS). La valeur dépend de la technologie de traitement qui produit les boues (Tableau A3.6–15)
$FracMVSÉlimination_{DA}$	=	fraction de MVS qui est consommée par digestion anaérobie (fraction)

Récupération du méthane

La récupération du méthane produit par la digestion anaérobie des boues est effectuée partout au Canada. Il est présumé que les pertes fugitives et les émissions de CH_4 attribuables à l'inefficacité de la récupération représentent 2,1 % du CH_4 produit, en ce qui concerne la digestion anaérobie des boues dans les installations de traitement des eaux usées.

Équation A3.6–26 Émissions fugitives attribuables aux digesteurs anaérobies des eaux usées

$$CH_4 \text{ Émission DA} = CH_4 \text{ Produit DA} \times \text{Pertes fugitives}_{\text{pourcentage}} / 100$$

$CH_4 \text{ Émission DA}$	=	méthane émis par la digestion anaérobie des boues dans les installations de traitement des eaux usées (en tonnes)
$CH_4 \text{ Produit DA}$	=	méthane produit par la digestion anaérobie des boues (en tonnes)
$\text{Pertes fugitives}_{\text{pourcentage}}$	=	pourcentage de biogaz (et de CH_4) émis associé aux pertes fugitives

Boues disponibles pour d'autres devenir (comptabilisation des boues)

Secondaires aux émissions attribuables au traitement des eaux usées, les boues produites qui restent après la digestion anaérobie sur place sont utilisées pour estimer les quantités de boues enfouies. Les boues qui restent après la digestion anaérobie sur place sont déterminées selon l'Équation A3.6–27. Comme la digestion anaérobie consomme seulement la portion de MVS des boues, la fraction de MVS est mise à jour comme le montre l'Équation A3.6–28.

Équation A3.6–27 Masse du total de solides en suspension dans les boues (poids sec) disponible après la digestion anaérobie sur place

$$TSS_{\text{Disponible}} = TSS_{\text{Boues}} - TSS_{\text{Réduction DA}}$$

$TSS_{\text{Disponible}}$	=	La masse du total des solides en suspension dans les boues (en d'autres termes, le poids sec des boues) disponible après le traitement des eaux usées et la digestion anaérobie sur place des boues (en kg du TSS ou kg du poids sec des boues)
TSS_{Boues}	=	masse du total des solides en suspension dans les boues, avant la digestion anaérobie (en kg)
$TSS_{\text{Réduction DA}}$	=	masse du TSS réduit par la digestion anaérobie (en kg)

Équation A3.6–28 Fraction de matières volatiles en suspension dans les boues après la digestion anaérobie

$$MVS_{\text{mises à jour}} = \frac{TSS_{\text{Boues}} * \text{FracMVS} - TSS_{\text{Réduction DA}}}{TSS_{\text{Boues}} - TSS_{\text{Réduction DA}}}$$

$MVS_{\text{mises à jour}}$	=	fraction des matières volatiles en suspension dans les boues qui ont subi une digestion anaérobie (fraction)
TSS_{Boues}	=	masse du total des solides en suspension dans les boues avant la digestion anaérobie (en kg)
FracMVS	=	fraction de la masse de boues qui est des MVS, avant la digestion anaérobie (fraction)
$TSS_{\text{Réduction DA}}$	=	masse du TSS réduit par la digestion anaérobie (en kg)

La fraction de MVS de toutes les boues produites dans une province ou un territoire est déterminée à partir de la moyenne pondérée de boues produites à l'aide de chaque technologie de traitement après avoir pris en compte toute digestion anaérobie sur place.

Distribution des boues

Les quantités de boues incinérées et compostées sont déclarées directement par les installations. Il est question des boues destinées à cette fin dans les sections A3.6.2 (Traitement biologique des déchets solides) et A3.6.3 (Incinération). Les boues envoyées aux sites d'enfouissement ou épandues sur le sol pour l'agriculture ou la restauration des sols doivent être estimées. Les boues qui restent après leur devenir de source ponctuelle (compostage et incinération) sont distribuées pour l'enfouissement ou l'épandage sur le sol conformément aux rapports provinciaux estimés par Cheminfo (Cheminfo, 2018).

Équation A3.6–29 Calcul de la distribution des boues aux sites d'enfouissement conformément à la comptabilisation du flux des boues

$$\text{Boues enfouies} = [B\acute{E}_{\text{disponibles}} - B\acute{E}_{\text{Tmtbio}} - B\acute{E}_{\text{Incinérées}} - B\acute{E}_{\text{Exportées}}] \times \text{PropEnf}$$

$B\acute{E}_{\text{disponibles}}$	=	masse de boues d'épuration disponibles provenant du traitement des eaux usées, après comptabilisation des réductions associées à la digestion anaérobie sur place dans les installations de traitement des eaux usées
$B\acute{E}_{\text{Tmtbio}}$	=	masse de boues envoyées pour un traitement biologique, qui comprend le compostage et la digestion anaérobie (dont le produit est présumé ne pas réintégrer le bassin de boues potentiellement destinées aux sites d'enfouissement)
$B\acute{E}_{\text{Incinérées}}$	=	masse de boues incinérées, en tonnes
$B\acute{E}_{\text{Exportées}}$	=	masse de boues exportées, en tonnes
PropEnf	=	proportion de boues d'épuration restantes qui sont enfouies, par opposition aux boues épandues sur des terres agricoles, des sols forestiers ou dans le cadre de la remise en état des terres (varie selon la province et au fil du temps), rapport.

Le devenir estimé des boues produites par le traitement des eaux usées est montré dans la Figure A3.6–6.

A3.6.4.1.1. Émissions de N₂O provenant du traitement et du rejet des eaux usées domestiques municipales

Méthodologie

L'oxyde nitreux (N₂O) est associé à la décomposition des composants azotés dans les eaux usées qui sont introduits sous forme d'urée, de nitrates et de protéines dans les déchets humains ainsi qu'aux apports provenant d'autres eaux usées domestiques, dont les eaux usées provenant des douches, des évier et lavabos, des machines à laver, etc. (GIEC, 2006). Les émissions de N₂O sont estimées à partir du N₂O formé pendant le traitement des eaux usées et du N₂O formé dans le plan d'eau récepteur dans lequel les eaux usées sont rejetées. Les émissions issues du traitement proviennent des zones anoxiques créées par le traitement et la nitrification, et sont les plus abondantes dans les traitements comportant des étapes d'élimination biologique des éléments nutritifs. Les émissions provenant du plan d'eau récepteur sont un produit de l'azote restant dans les effluents des eaux usées rejetées. Une partie de cet azote est transformée en oxyde nitreux par des processus microbiens naturels et est émise.

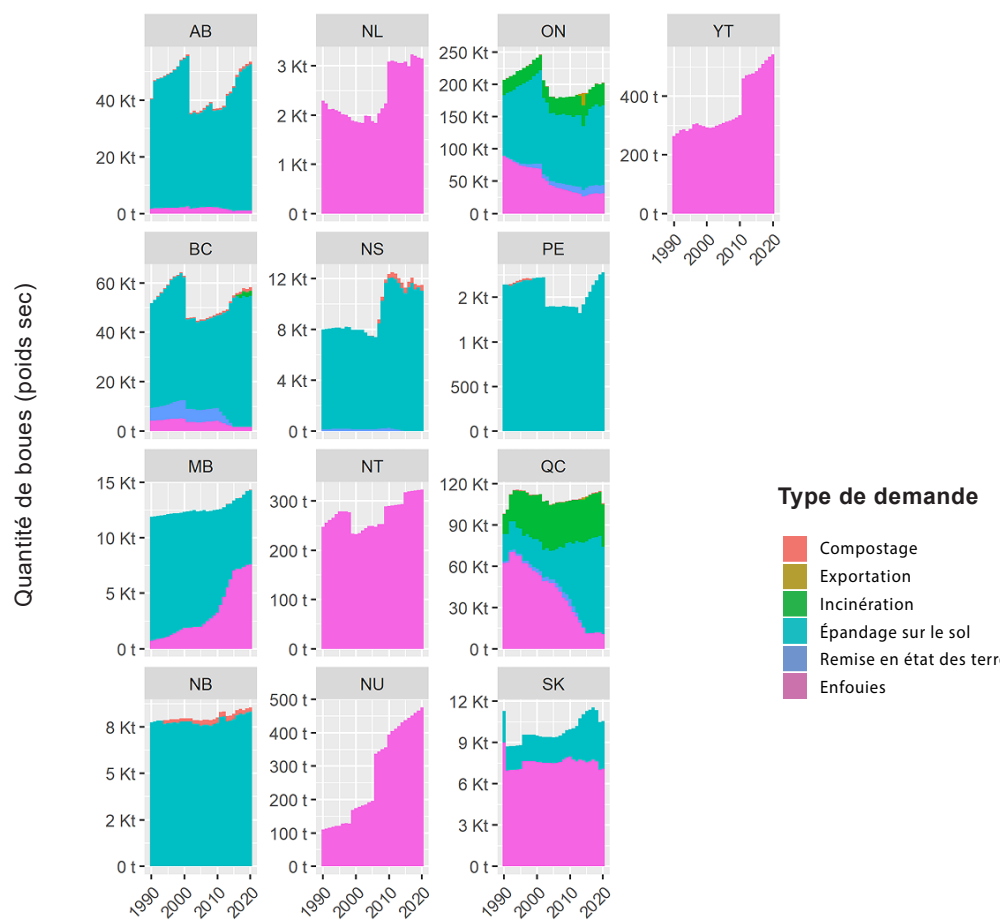
Les émissions sont en grande partie fondées sur la Révision de 2019 du GIEC (GIEC, 2019) qui contient une mise à jour importante concernant les émissions de N₂O provenant des eaux usées. Depuis la publication des Lignes directrices 2006 du GIEC, beaucoup d'autres études ont été réalisées sur les émissions d'oxyde nitreux découlant du traitement des eaux usées. Entre autres, la Révision de 2019 du GIEC fournit les mises à jour suivantes par rapport aux Lignes directrices 2006 du GIEC :

- nouvelle source de données pour la consommation de protéines
- mise à jour et ajout de paramètres pour l'estimation de l'azote introduit dans les eaux usées
- ajout de paramètres pour tenir compte de l'élimination de l'azote provenant du traitement des eaux usées
- mise à jour de coefficients d'émissions pour les émissions attribuables au traitement
- ajout de coefficients d'émissions pour les émissions des effluents provenant du plan d'eau récepteur pour les plans d'eau ayant une charge pré-existante d'éléments nutritifs élevée

Méthodologie visant à déterminer la quantité d'azote dans les eaux usées

La première étape pour calculer le N₂O dans les eaux usées est de déterminer la quantité d'azote qui y est introduite. Elle varie en grande partie en fonction de la population et de la consommation de protéines par habitant. L'azote introduit dans les eaux usées est multiplié par le coefficient d'émissions propre au type de traitement. La quantité d'azote introduite dans chaque système de traitement est fondée sur la quantité de protéines consommées, corrigée pour tenir compte des protéines non consommées (c.-à-d. jetées dans les broyeurs de déchets), des protéines d'origines industrielle et commerciale rejetées dans le réseau d'égout et de l'azote additionnel provenant des produits ménagers (Équation A3.6–30).

Figure A3.6–6 **Comptabilisation des flux de boues, estimation du devenir des boues, par province et territoire**



Équation A3.6–30 **Azote introduit dans le système de traitement des eaux usées**

$$N = Pop * Protéines consommées * F_{NPR} * N_{NH} * F_{NON-CON} * F_{IND-COM}$$

<i>N</i>	=	quantité d'azote introduite dans le système de traitement (kg)
<i>Pop</i>	=	population utilisant le système de traitement
<i>Protéines consommées</i>	=	consommation de protéines par personne (kg/pers./année)
<i>F_{NPR}</i>	=	fraction des protéines sous forme d'azote
<i>F_{NON-CON}</i>	=	facteur pour l'azote des protéines non consommées
<i>F_{IND-COM}</i>	=	facteur pour les rejets d'origines industrielle et commerciale
<i>N_{NH}</i>	=	facteur pour l'azote supplémentaire provenant des produits ménagers

La consommation de protéines est calculée à l'aide de la valeur de disponibilité des protéines tirée de la base de données statistiques de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAOSTAT, s.d.). La valeur de disponibilité des protéines est convertie en consommation de protéines à l'aide de l'analyse de Statistique Canada publiée antérieurement sur les éléments nutritifs dans l'apport alimentaire, selon un ratio de 0,678 (Statistique Canada, 2009), représentant les protéines disponibles après la perte. Les données combinées FAOSTAT combinées avec d'autres données représentant la perte de protéines sont censées être représentatives de la consommation de protéines (Tableau A3.6–18). La variable FNPR représente la fraction de l'azote qui est sous forme de protéine, dont la valeur de 0,16 kg N/kg protéines est utilisée (GIEC, 2019). FIND-CON et N_{NH} sont d'autres paramètres utilisés pour représenter les apports additionnels d'azote pouvant être introduit dans les eaux usées, que ce soit de sources industrielle ou commerciale, ainsi que de l'utilisation de produits ménagers. Les valeurs de FIND-CON et de N_{NH} sont de 1,25 et de 1,17, respectivement (GIEC, 2019).

En ce qui concerne le paramètre $F_{\text{NON-CON}}$, le facteur par défaut de la Révision de 2019 pour les apports d'azote provenant de résidus rejetés dans l'évier (broyeurs de déchets) est employé. La valeur de $F_{\text{NON-CON}}$ pour l'Amérique du Nord est de 1,13, lorsque de la nourriture est rejetée dans l'évier et de 1,0 lorsqu'aucune nourriture n'est éliminée dans l'évier. Pour le Canada, 10 % des ménages éliminent leurs résidus dans l'évier (GIEC, 2019, Tableau 6.10B). Comme il n'existe aucune donnée régionale spécifique sur le caractère permmissible de l'élimination des résidus dans l'évier (broyeurs de déchets), il est présumé que les 10 % des ménages qui ont recours à l'élimination des résidus dans l'évier sont également répartis dans l'ensemble du Canada. Pour déterminer les apports totaux (nets) de N provenant des résidus éliminés dans l'évier, le facteur $F_{\text{NON-CON}}$ de 1,13 peut être appliqué par défaut pour la nourriture éliminée dans l'évier aux 10 % de la population qui ont recours à cette pratique, et le facteur $F_{\text{NON-CON}}$ par défaut de 1,0 pour la nourriture qui n'est pas éliminée dans l'évier aux 90 % restants de la population, ce qui donne une valeur globale pour $F_{\text{NON-CON}}$ de 1,013.

Émissions axées sur le traitement

Selon le type de traitement des eaux usées, le coefficient d'émission de N₂O peut varier. Donc, puisque la quantité d'azote introduite dans les eaux usées varie en fonction de la population, il est important d'estimer la fraction de la population associée à chaque type de traitement. Le calcul de la population employant différents types de traitement est expliqué dans la section précédente, dans l'analyse des émissions de CH₄ provenant des eaux usées, donnant la variable $\text{Fraction}_{\text{Tech}}$. Puis, les émissions de N₂O sont calculées à l'aide de l'Équation A3.6–31, représentant chaque type de traitement au Canada. Les coefficients d'émission sont en grande partie fondés sur la Révision de 2019 du GIEC, sous réserve de quelques adaptations pour les conditions canadiennes (Tableau A3.6–16). Pour représenter tous les types de traitements, les émissions de tous les types de traitements sont additionnées aux échelles nationale et provinciale.

Équation A3.6–31 Émissions directes de N₂O provenant des usines d'épuration des eaux usées

$$N_2O_{\text{Traitement}} = N_{\text{Eaux usées}} * \text{Fraction}_{\text{Tech}} * CE_{\text{Tech}} * 44/28$$

$N_2O_{\text{Traitement}}$	=	émissions de N ₂ O provenant directement du traitement des eaux usées (kg)
$N_{\text{Eaux usées}}$	=	quantité d'azote introduit dans les eaux usées (kg)
CE_{Tech}	=	coefficient d'émission du nombre de kg d'azote émis (kg N ₂ O-N/kg N)
$\text{Fraction}_{\text{Tech}}$	=	fraction du type de traitement utilisé au Canada, par population
$44/28$	=	rapport stœchiométrique de N ₂ O-N sur N ₂ O

Émissions attribuables aux rejets (dans un plan d'eau récepteur)

Les émissions de N_2O provenant des installations d'épuration des eaux usées municipales ont été estimées à l'aide de la quantité d'azote rejeté dans le milieu aquatique. La première étape pour calculer les émissions dans les effluents consiste à déterminer la quantité d'azote qui reste dans les effluents, car une partie de cet azote sera éliminé pendant l'épuration (Tableau A3.6–17). L'élimination de l'azote peut varier de 0 % lorsqu'il n'y a pas d'épuration, à 68 % pour des fosses septiques et des champs d'épuration. Aux fins de l'inventaire, le Tableau 6.10c de la Révision de 2019 est utilisé.

Après avoir tenu compte de l'azote éliminé par l'épuration des eaux usées, le reste de l'azote introduit dans les eaux usées est multiplié par le coefficient d'émission de 0,005 kg N_2O -N / kg N_2O -N dans les eaux usées, comme dans l'Équation A3.6–32.

Équation A3.6–32

$$N_2O = CE_{N_2O-N} \times N_{\text{eaux usées}} \times 44/28$$

N_2O	=	émissions de N_2O de l'année d'inventaire, en kg N_2O /an
CE_{N_2O-N}	=	coefficient d'émission pour les émissions de N_2O provenant des rejets dans les eaux usées, en kg de N_2O -N/kg N
$N_{\text{eaux usées}}$	=	azote dans les eaux usées, en kg N/an
$44/28$	=	facteur stoechiométrique utilisé pour convertir l'azote en N_2O

La quantité d'azote éliminé avec les boues n'est pas estimée, faute de données sur la concentration d'azote dans les boues d'épuration. La valeur par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC qui a été utilisée est 0.

Tableau A3.6–17 Coefficients d'émission du N_2O et élimination du N par différents types de traitements

Catégorie de traitement	CE (kg N ₂ O-N/kg N)	Fraction de N éliminé	Source du CE	Source de N éliminé	
Aucun traitement	0	0	GIEC (2019)	GIEC (2019)	
Traitement primaire	0	0,1	Estimation d'ECCC		
Lagune d'épuration aérobie	0	0,4	Estimation d'ECCC		
Lagune d'épuration anaérobie	0	0,4	GIEC (2019)		
Lagune facultative	0	0,4	Estimation d'ECCC		
Autre / lagune d'épuration de type non précisé	0	0,4	Modélisation en tant que lagune facultative		
Traitement secondaire anaérobie	0	0,4	GIEC (2019)		
Traitement secondaire par boues activées	0,016	0,4			
Lit bactérien	0,016	0,4			
Lit bactérien à forte charge	0,016	0,4			
Disques biologiques	0,016	0,4			
Réacteurs biologiques séquentiels	0,016	0,4			
Traitement secondaire par biofiltration	0,016	0,8	Estimation d'ECCC		
Traitement secondaire avec élimination biologique des éléments nutritifs	0,016	0,8	GIEC (2019)		
Fosse septique	0,0045	0,68	Estimation d'ECCC		
Fosse septique avec décharge en mer	0	0,15			
Terres humides	0	1			
Autre / inconnu	0,016	0,4	Modélisation en tant que lagune facultative		

Tableau A3.6–18 **Apport et consommation canadienne de protéines**

Année	Apport de protéines (FAOSTAT, g/pers./jour)	Consommation de protéines (g/pers./jour)	Consommation de protéines (kg/pers./année)
1990	96,1	67,2	24,5
1991	96,2	67,3	24,6
1992	95,9	67,2	24,5
1993	95,8	67,1	24,5
1994	99,6	69,7	25,4
1995	98,0	68,6	25,0
1996	98,7	69,1	25,2
1997	100,5	70,4	25,7
1998	103,3	72,3	26,4
1999	107,1	75,0	27,4
2000	106,1	74,2	27,1
2001	105,1	73,5	26,8
2002	105,3	73,7	26,9
2003	104,0	72,8	26,6
2004	104,8	73,4	26,8
2005	102,1	71,5	26,1
2006	103,5	72,5	26,5
2007	104,4	73,1	26,7
2008	104,7	73,3	26,8
2009	103,1	72,2	26,4
2010	104,1	72,9	26,6
2011	103,9	72,7	26,5
2012	104,6	73,2	26,7
2013	105,0	73,5	26,8
2014	98,7	69,1	25,2
2015	97,6	68,3	24,9
2016	102,4	71,7	26,2
2017	104,7	73,3	26,8
2018	107,6	75,3	27,5
2019	108,55	76,0	27,7
2020	ND	76,0	27,7
2021	ND	76,0	27,7

Note :

ND = non-disponible

A3.6.4.1.2. Émissions de CO₂ provenant du traitement et du rejet des eaux usées domestiques municipales

Les émissions de CO₂ des eaux usées sont d'origine biogène. Selon les Lignes directrices 2006 du GIEC, le CO₂ provenant de la combustion ou de la décomposition de matières biogènes à courte durée de vie, retirées de l'endroit où elles ont été cultivées est considéré comme nul dans le secteur des Déchets. Par conséquent, ces émissions ne sont pas prises en compte pour le traitement des eaux usées.

A3.6.4.2. Traitement des eaux usées industrielles – CO₂, CH₄ et N₂O

Les estimations des émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant d'installations industrielles dotées d'un système de traitement des eaux usées sur place sont traitées par installation selon une approche de Niveau 3 (GIEC, 2006), fondée sur le PDGES, l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) et quelques anciennes données d'enquêtes d'installations. Les systèmes de traitement des eaux usées industrielles sur place peuvent recevoir des charges organiques variables, selon le type d'industrie, la taille de l'installation et les niveaux de production. La récupération du méthane varie d'une installation à l'autre.

A3.6.4.2.1. Sources de données et méthodologie

Une approche de Niveau 3 fondée sur l'information recueillie directement auprès de chaque installation a été jugée plus exacte que l'approche par défaut. La principale source de données est le PDGES qui exige que les installations produisant plus de 10 000 tonnes d'éq. CO₂ déclarent leurs émissions à ECCC. Les installations sont tenues de déclarer les émissions de CH₄ et de N₂O, ainsi que les émissions non biogènes de CO₂ provenant de sources distinctes des autres sources de GES. Ces données sont directement utilisées dans le Rapport d'inventaire national (RIN). Auparavant, ECCC menait une enquête sur les eaux usées industrielles à participation volontaire. Même si l'enquête a pris fin, les anciennes données recueillies ont servi à compléter les données du PDGES. Les anciennes enquêtes ne portaient que sur le CH₄. En outre, les anciennes enquêtes servent à déterminer la quantité de CH₄ récupéré, donnée qui n'est pas disponible pour les eaux usées dans le PDGES.

Il est généralement considéré que les émissions de N₂O déclarées au PDGES sont par installation et par type de traitement, même si l'azote dans les effluents industriels n'est pas déclaré dans le cadre de ce programme. Par conséquent, pour représenter le N₂O qui peut être le résultat de l'azote rejeté dans les plans d'eau, l'INRP a été utilisé comme source de données pour les valeurs de rejet dans l'eau. Pour recourir à cette source de données, les données de N dans les effluents de l'INRP sont utilisées pour calculer les émissions de N₂O au moyen de l'Équation A3.6–32, à l'aide du même coefficient d'émission que pour les effluents d'eaux usées domestiques. En dernier lieu, pour assurer la cohérence des émissions d'une série chronologique à l'autre, les données des anciennes sources ont été extrapolées allant jusqu'à 1990. Cela s'est avéré nécessaire parce que le PDGES et l'INRP ont débuté en 2004 et en 2011, respectivement. Lorsque les émissions sont incluses dans les données des anciennes enquêtes, il n'y a aucune extrapolation et les données de l'enquête sont plutôt utilisées. Une extrapolation par catégorie d'industrie (définie par un code SCIAN) est effectuée : les valeurs les plus anciennes et les plus récentes sont gardées constantes dans le temps. S'il manque des données, elles sont obtenues en réalisant une interpolation linéaire. Le CH₄ récupéré provenant d'anciennes enquêtes est extrapolé à l'année de déclaration visée de la même manière.

COMPARAISON DES APPROCHES SECTORIELLE ET DE RÉFÉRENCE ET LE BILAN ÉNERGÉTIQUE NATIONAL

A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle	266
A4.2. Méthode de référence	266
A4.3. Bilan énergétique national	267
A4.4. Coefficients d'émission implicites dans le CUPR	271

La présente annexe traite des résultats du calcul de l'énergie et des émissions de CO₂ obtenus par la méthode de référence (MR), et d'une comparaison des résultats de la MR à ceux obtenus par la méthode sectorielle (MS). Elle comprend aussi un résumé du bilan énergétique national, principale source de données pour les deux méthodes. La section A4.4 comporte un exposé général sur les avantages de l'utilisation des coefficients d'émission implicites.

A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle

Les résultats de la MR ont été comparés à ceux obtenus par la MS pour vérifier l'énergie disponible par rapport à celle consommée par l'ensemble des secteurs et les émissions de CO₂ correspondantes provenant de la combustion de combustibles fossiles. La procédure, effectuée pour toutes les années de 1990 à 2021, fait partie intégrante du rapport présenté aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La comparaison directe de la consommation en matière d'énergie de la MR avec ceux de la MS fait ressortir des écarts considérables, étant donné que dans la MS, le total des émissions n'inclut pas certaines utilisations non énergétiques des combustibles fossiles et des matières premières. La comparaison des résultats de la MR et de la MS montre un écart de 11,3 % ou plus en énergie. L'exclusion des émissions de sources autres que la combustion liée à l'énergie de certaines matières premières et de certains combustibles fossiles assure que la MR et la MS comparent des sources similaires. Lorsque les quantités d'énergie établie par la MR comprennent des ajustements pour l'utilisation de combustibles fossiles et de matières premières à des fins non énergétiques, la différence entre la MS et la MR rajustée varie de -2,06 à 0,35 %. Le Tableau A4-1 présente les données de la consommation d'énergie de la MS générée par le CUPR avec l'application des ajustements associés aux utilisations non énergétiques des combustibles fossiles et des matières premières en comparaison avec la MR.

Aucun ajustement n'a été nécessaire en ce qui concerne les émissions estimées par la MR, car le logiciel du cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR) fourni par la CCNUCC enlève correctement les émissions associées aux utilisations non énergétiques et aux matières premières, pour les réattribuer aux secteurs des procédés industriels et de l'utilisation des produits. La comparaison des émissions estimées par la MR et la MS, comme l'indique le Tableau A4-1, montre un écart global de -1,29 à 0,60 %.

A4.2. Méthode de référence

La MR suit les Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et utilise les contenus énergétiques des combustibles propres à chaque pays (en pouvoir calorifique supérieur [PCS]). Le Canada et les États-Unis utilisent le PCS pour indiquer la teneur énergétique des combustibles. Les valeurs des quantités de combustibles qui sont fournies ou demandées alimentent la compilation du *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* (BDEE) (Statistique Canada, 1990–) sont déclarées en unités physiques. Le Chapitre 3, section 3.2.2, Combustibles de soute internationaux; et les sections d'annexe A3.2.2.1 Aviation civile, et A3.2.2.2 Transport maritime présentent l'allocation de combustible pour les soutes internationales.

Dans le cas des combustibles primaires (pétrole brut, éthane, liquides du gaz naturel, charbon et gaz naturel), les données sur les changements des stocks ont été rajustées pour tenir compte des transferts entre les produits, de la variation des stocks et d'autres corrections, lesquels sont tous déclarés séparément dans le BDEE et ont tous une incidence directe sur la disponibilité

Tableau A4-1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Comparaison globale de l'énergie																
Valeur de la méthode de référence (PJ)																
Méthode de référence non rajustée	7 081	7 602	8 852	9 062	9 056	9 411	9 313	9 420	9 270	9 495	9 317	9 485	9 664	9 749	8 926	9 198
Méthode de référence rajustée, avec utilisation de combustibles fossiles et de matières à des fins non énergétiques	6 268	6 702	7 830	7 931	7 871	8 148	7 974	8 177	8 089	8 251	8 050	8 351	8 540	8 600	7 864	8 073
Valeur de la méthode sectorielle (PJ)	6 324	6 830	7 928	8 030	7 938	8 146	8 114	8 223	8 259	8 342	8 171	8 342	8 613	8 655	7 837	8 052
Pourcentage (%) de différence non rajusté	12,0	11,3	11,7	12,9	14,1	15,5	14,8	14,6	12,2	13,8	14,0	13,7	12,2	12,6	13,9	14,2
Pourcentage (%) de différence rajusté	-0,89	-1,87	-1,24	-1,24	-0,84	0,02	-1,73	-0,56	-2,06	-1,09	-1,48	0,12	-0,86	-0,64	0,35	0,26
Utilisation de combustibles fossiles et de matières premières à des fins non énergétiques – valeur rajustée																
Utilisation non énergétique de combustibles gazeux (PJ)	169	202	174	154	107	130	138	132	126	134	139	136	131	135	134	137
Utilisation non énergétique de combustibles liquides (PJ)	542	589	734	876	993	1 028	1 101	1 023	963	1 035	1 046	912	905	934	861	912
Utilisation non énergétique de combustibles solides (PJ)	103	110	115	102	86	106	100	88	92	75	83	85	88	80	67	75
Comparaison globale des émissions																
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	412 660	433 172	506 359	512 901	498 054	508 562	495 542	507 813	499 686	512 998	496 552	512 558	516 607	518 334	467 712	478 145
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	411 542	437 450	508 208	515 550	499 661	505 505	501 245	506 814	506 101	511 646	499 930	509 865	519 065	521 091	466 825	478 263
Pourcentage de différence (%)	0,27	-0,98	-0,36	-0,51	-0,32	0,60	-1,14	0,20	-1,27	0,26	-0,68	0,53	-0,47	-0,53	0,19	-0,02
Combustibles liquides																
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	204 454	201 419	223 927	245 273	238 167	242 642	237 285	238 762	229 761	237 840	234 868	240 566	245 038	246 351	210 186	218 811
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	202 748	202 883	223 643	245 002	239 385	239 689	238 343	238 490	234 113	235 529	233 609	238 439	244 296	246 506	211 314	219 039
Pourcentage de différence (%)	0,84	-0,72	0,13	0,11	-0,51	1,23	-0,44	0,11	-1,86	0,98	0,54	0,89	0,30	-0,06	-0,53	-0,10
Combustibles solides																
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	87 541	89 828	114 598	102 996	85 321	75 340	68 967	70 310	64 655	68 645	62 659	62 715	50 163	48 837	40 843	37 317
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	87 243	90 977	115 834	104 432	85 185	75 141	69 713	69 105	65 849	67 854	62 239	62 248	49 926	48 243	39 284	35 956
Pourcentage de différence (%)	0,34	-1,26	-1,07	-1,37	0,16	0,26	-1,07	1,74	-1,81	1,17	0,67	0,75	0,48	1,23	3,97	3,78
Combustibles gazeux																
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	120 217	141 335	167 275	164 073	173 995	190 012	188 601	198 108	204 711	205 864	198 395	208 670	220 797	222 539	216 011	221 339
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	121 103	143 001	168 171	165 557	174 521	190 106	192 501	198 586	205 580	207 616	203 452	208 571	224 233	225 735	215 556	222 590
Pourcentage de différence (%)	-0,73	-1,16	-0,53	-0,90	-0,30	-0,05	-2,03	-0,24	-0,42	-0,84	-2,49	0,05	-1,53	-1,42	0,21	-0,56

de combustible. La consommation apparente du combustible est déterminée à partir de ces valeurs rajustées des changements des stocks. De même, les données de changement des stocks de combustibles secondaires tiennent compte des transferts entre les produits, des combustibles de source internationaux, de la variation des stocks et d'autres corrections.

Une fois la consommation apparente établie, les contenus énergétiques des combustibles et les coefficients d'émission de carbone propres au pays servent à calculer la teneur en carbone et les émissions. Les valeurs du contenu énergétique proviennent des sources suivantes : le BDEE (Statistique Canada, 1990–), le document *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors* (McCann, 2000) et Mesures Canada, un organisme d'Industrie Canada. Pour la majorité des combustibles fossiles, les coefficients d'émission et les facteurs d'oxydation utilisés proviennent de McCann (2000) et des Lignes directrices 2006 du GIEC.

Le Tableau A4-2 présente les coefficients d'émission appliqués, les contenus énergétiques et les valeurs d'oxydation utilisés dans la MR. Le BDEE a fourni les valeurs du contenu énergétique, sauf pour le charbon bitumineux, le lignite, le pétrole brut, le mazout lourd, le GPL, le gaz naturel, le GNL, le coke de pétrole et le gaz de distillation, dont les facteurs pondérés, calculés annuellement, tiennent compte de la quantité et de la variation de la teneur énergétique au point de consommation, comme pour l'utilisation commerciale ou l'utilisation à l'interne. Dans les provinces où l'on produit du gaz naturel, par exemple, il existe deux coefficients d'émission pour le gaz naturel : un pour le gaz naturel marchand, vendu aux consommateurs, et l'autre pour le gaz naturel non marchand, consommé directement par les producteurs de gaz naturel. La composition du gaz naturel non marchand contient plus d'hydrocarbures complexes que celle du gaz marchand, dont la teneur en CH₄ est supérieure à 92 %.

A4.3. Bilan énergétique national

Cette section fournit des renseignements généraux sur le bilan énergétique national et son cadre de qualité des données. Au Canada, la Division de la statistique de l'énergie et de l'environnement (DSEE) de Statistique Canada est responsable de la collecte, de la compilation et de la diffusion des données sur l'énergie en vertu de la *Loi sur la statistique*¹. Le BDEE, disponible sur le site Web de Statistique Canada², est la principale source de données sur les activités utilisée pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur de l'énergie. En tant que source de données sur les activités, les renseignements sur les produits non énergétiques et les matières premières tirés du BDEE servent également à estimer les émissions du secteur

1 Statistique Canada. *Loi sur la statistique*. Disponible en ligne : <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/S-19/>.

2 Statistique Canada. *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/pub/57-003-x/2022001/tbl-fra.htm>.

Tableau A4-2 **Contenus énergétiques et coefficients d'émission applicables au Canada selon la méthode de référence**

Types de combustible			Contenu énergétique, GCV			Coefficient d'émission de carbone (t C/TJ GCV) – valeur 2021	Référence	Facteurs d'oxydation	Commentaires
			Valeur 2021	Unité	Référence				
Liquide	Combustibles primaires	Pétrole brut	39,71	TJ/ML	Voir commentaires	18,74	Voir commentaires	1,0	Le contenu énergétique et les coefficients d'émission pondérés sont propres au pays.
		Éthane	17,22	TJ/ML	4	15,46	2	1,0	La totalité de l'éthane disponible est consommée comme matière première dans les procédés industriels.
		Orimulsion	S.O.	–	–	S.O.	–	1,0	
		Liquides de gaz naturel	25,34	TJ/ML	–	16,33	–	1,0	Propane et butane provenant de liquides de gaz naturel.
	Combustibles secondaires	Bitume	44,46	TJ/ML	4	21,11	3	1,0	Utilisation d'asphalte.
		Gaz-oil ou carburant diesel	38,35	TJ/ML	4	19,06	2	1,0	Utilisation de carburant diesel.
		Essence	33,45	TJ/ML	4	18,81	2	1,0	
		Kérosène (avion à réaction)	37,40	TJ/ML	4	18,67	2	1,0	Utilisation de combustible pour avion à réaction.
		Gaz de pétrole liquéfiés (GPL)	27,00	TJ/ML	4	16,57	2	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays pour le propane et le butane provenant de raffineries de pétrole.
		Lubrifiants	39,16	TJ/ML	4	19,66	3	1,0	
		Naphte	35,17	TJ/ML	4	19,34	3	1,0	
		Kérosène (autre)	37,68	TJ/ML	4	18,53	2	1,0	
		Pétrole (autre)	38,8	TJ/ML	4	19,35	2	1,0	Utilisation de mazout léger.
		Coke de pétrole	44,70	TJ/ML	4	22,73	4	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur les coefficients d'émission disponibles pour le raffinage et la valorisation (des sables bitumineux au brut synthétique).
		Matières premières pour raffineries	35,17	TJ/ML	4	19,34	3	1,0	Utilisation de matières premières pétrochimiques dans les procédés industriels.
		Mazout résiduaire	42,5	TJ/ML	4	20,25	2	1,0	Utilisation de mazout lourd.
		Huile de schiste	S.O.	–	–	S.O.	–	–	
		Gaz de distillation - Gaz combustible de raffineries et d'usines de valorisation	41,17	TJ/ML	4	13,49	4	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur les coefficients d'émission disponibles pour le raffinage et la valorisation (des sables bitumineux au brut synthétique).
	Autres combustibles liquides	Essence d'aviation	33,52	TJ/ML	4	19,24	3	1,0	
		Autres matières premières	39,82	TJ/ML	4	19,84	3	1,0	
Solide	Combustibles primaires	Anthracite	31,60	TJ/kt	4	27,06	3	0,988	
		Autre charbon bitumineux	28,38	TJ/kt	4	21,75	6	0,995	Utilisation de charbon bitumineux canadien.
		Charbon subbitumineux	18,98	TJ/kt	4	26,03	6	0,994	
		Lignite	16,29	TJ/kt	4	24,49	5, 6	0,996	
		Huile de schiste	S.O.	–	–	S.O.	–	–	
		Tourbe	S.O.	–	–	S.O.	–	–	
	Combustibles secondaires	Coke	28,83	TJ/kt	4	30,02	2	1,0	Mentionné précédemment en tant que charbon à coke.
		BC et carburant breveté	S.O.	–	–	S.O.	–	–	
		Gaz de four à coke	19,14	TJ/GL	4	12,52	2	–	
	Autres combustibles solides	Charbon bitumineux étranger	29,82	TJ/kt	4	23,75	5, 6	0,989	

Tableau A4-2 **Contenus énergétiques et coefficients d'émission applicables au Canada selon la méthode de référence (suite)**

Types de combustible			Contenu énergétique, GCV			Coefficient d'émission de carbone (t C/TJ GCV) – valeur 2021	Référence	Facteurs d'oxydation	Commentaires
			Valeur 2021	Unité	Référence				
Gazeux	Combustibles primaires	Gaz naturel	38,86	TJ/GL	4	13,79	2	1,0	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur la proportion de gaz naturel commercialisable et non commercialisable.
Biomasse		Déchets municipaux solides	–	–	1	25,96	1	1,0	1) Se compose de la combustion de biomasse dans les sites d'enfouissement à des fins énergétiques.
		Biomasse solide	17,85	TJ/kt	4	25,06	7	1,0	1) Se compose de la consommation industrielle et résidentielle de biomasse.
		Biomasse liquide	16,01	TJ/kt	4	18,78	3, 8	1,0	1) Se compose de liqueurs résiduelles, d'éthanol et de biodiesel.
		Biomasse gazeuse	36,35	TJ/GI	1	13,54	1	1,0	1) Se compose de méthane provenant de gaz d'enfouissement.

Notes :

Références : (1) GIEC (2006); (2) McCann (2000); (3) Jaques (1992); (4) Statistique Canada, numéro 57-003 (données de 2015); (5) ECCC (2016); (6) ECCC (2019); (7) US EPA (2003); (8) ICFPA/NCASI (2019)

S.O. = Sans objet; BC = briquettes de charbon; LGN = liquides de gaz naturel; GPL = gaz de pétrole liquéfiés

des Procédés industriels et de l'utilisation des produits. Le BDEE comptabilise les formes d'énergie au Canada en tenant compte des importations et exportations, de la production, des changements de stock et de la consommation à l'échelle nationale (voir la Figure A4-1 pour un schéma de circulation de l'énergie). Le bulletin contient des renseignements sur le pétrole brut, le gaz naturel, le charbon, les produits pétroliers raffinés, l'électricité, la vapeur, l'utilisation non énergétique des combustibles fossiles, les matières premières et les autres formes d'énergie secondaire pour tous les secteurs industriels du Canada, et sur d'autres utilisations de l'énergie, notamment dans les secteurs résidentiel et commercial ainsi que dans le secteur des transports.

Les données sur l'énergie et les combustibles fossiles sont recueillies au moyen d'une combinaison de sondages annuels et mensuels et de données de recensement de l'industrie, d'organismes fédéraux (comme la Régie de l'énergie du Canada [REC]), de ministères et d'organismes provinciaux responsables de l'énergie (comme l'Alberta Energy Regulator [AER] et l'Alberta Utilities Commissions [AUC]), et du Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CCDEE). La Figure A4-2 présente un exemple de données sur l'énergie et les combustibles fossiles. Les renseignements sur le pétrole et le gaz naturel fournis par l'AER sont considérés comme étant précis, car ils sont liés aux permis d'exploitation pétrolière et gazière et aux régimes de redevances fédéraux et provinciaux.

Le BDEE est utilisé par divers ministères fédéraux dans le cadre de programmes sur l'efficacité énergétique, pour l'élaboration de politiques, la prévision des émissions et de la consommation d'énergie et les rapports présentés aux termes de la CCNUCC. En tant que tel, le système de gestion de la qualité du BDEE comprend un processus d'examen interne et externe par les intervenants. La documentation du cadre d'assurance de la qualité et les rapports méthodologiques sont contenus dans la base intégrée de métadonnées de Statistique Canada³. La DSEE a aussi établi des partenariats avec divers ministères fédéraux, des ministères provinciaux de l'énergie, des associations industrielles et des centres d'excellence qui contribuent aux processus d'assurance de la qualité.

Les critères de qualité suivants sont essentiels à l'élaboration du BDEE, tel qu'il est énoncé par Statistique Canada : la pertinence, l'exactitude et la fiabilité, l'actualité et la ponctualité, l'accessibilité et la clarté, la cohérence et la comparabilité, et la possibilité d'interprétation et les métadonnées.

Il existe d'autres procédures de vérification interne de la qualité des données recueillies auprès des ministères provinciaux de l'Énergie et dans le cadre de diverses enquêtes sur la disponibilité, l'écoulement et la consommation d'énergie. Par exemple, les quantités de pétrole brut déclarées par le producteur sont vérifiées en fonction des quantités de pétrole reçues par les compagnies de pipeline et les renseignements déclarés par celles-ci sont ensuite comparés aux quantités reçues par les raffineries. La DSEE combine une méthode descendante par des enquêtes sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie à une méthode ascendante au moyen de l'enquête sur la consommation industrielle d'énergie (CIE) pour vérifier la qualité des données du secteur manufacturier. L'enquête sur la CIE recueille des données sur la consommation de combustibles directement auprès des entreprises manufacturières définies selon le Système de classification des industries de l'Amérique

3 Statistique Canada. Cadre d'assurance de la qualité. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/pub/12-539-x/manage-gestion/4058322-fra.htm>.

du Nord (SCIAN). De plus, une enquête annuelle sur les distributeurs secondaires de produits pétroliers raffinés (EPPR) recueille des données sur les volumes de ventes en vue de réattribuer les volumes de mazout lourd, de mazout léger, de diesel, de mélanges diesel-biodiesel et d'essence à l'éthanol aux secteurs de consommation appropriés. Cette enquête est nécessaire en raison de la déréglementation de la vente de ces produits exclusivement par les producteurs primaires (raffineries) pour inclure les détaillants/distributeurs secondaires. Avant que cette amélioration ne soit apportée, les volumes de combustible signalés dans le secteur commercial incluaient incorrectement toutes les ventes des raffineries aux distributeurs secondaires. La déréglementation de la vente de ces quatre types de combustibles a commencé vers l'an 2000.

Figure A4-1 Schéma de circulation de l'énergie au Canada (BDEE)

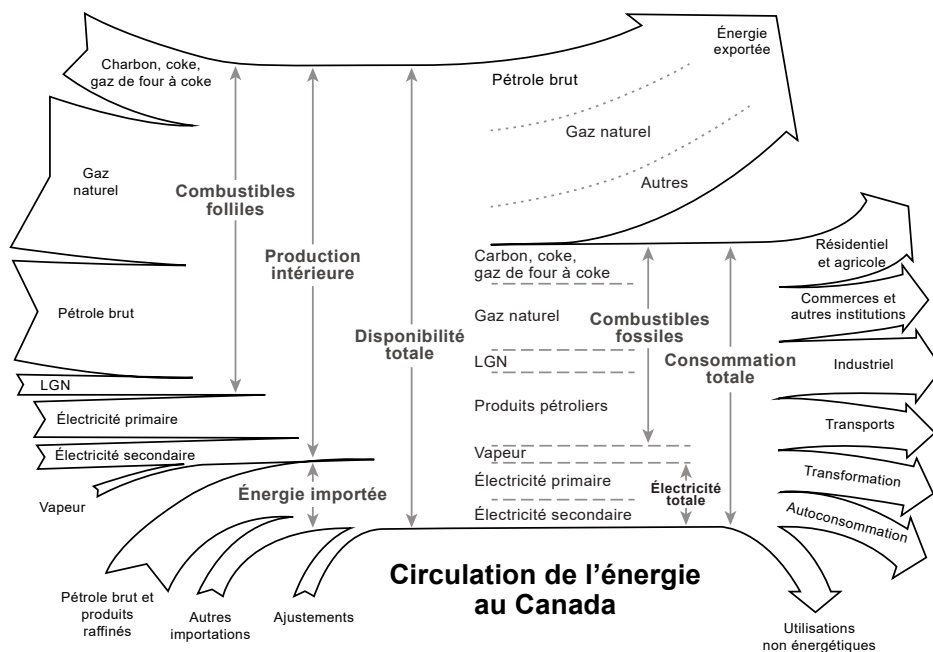
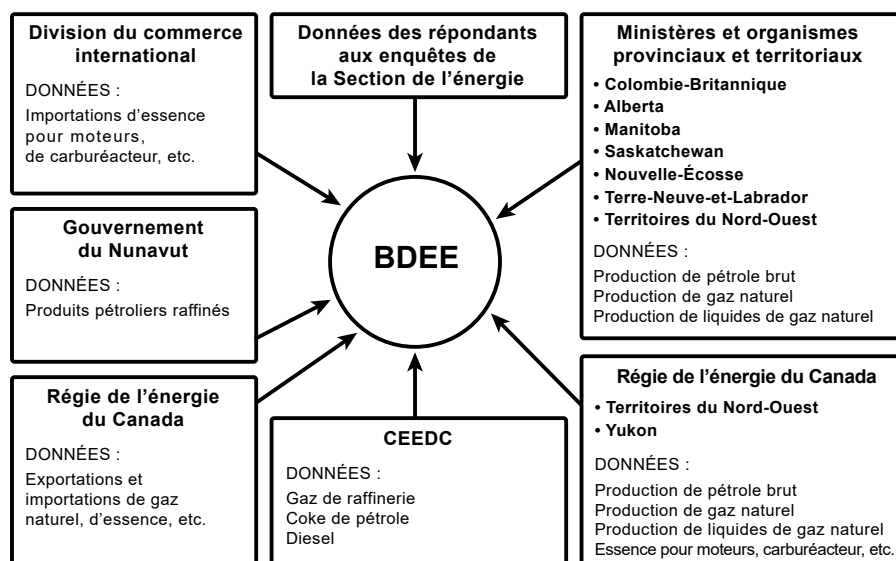


Figure A4-2 Sources des données du BDEE sur les combustibles fossiles et l'énergie



Une approche uniforme a été appliquée à l'ensemble de données historiques pour corriger les volumes de combustible mal attribués entre 2000 et 2008, puisque la collecte de données sur les volumes de ventes au moyen de l'EPPR n'a commencé qu'en 2009.

Par ailleurs, en tant que partie intégrante du cadre de qualité de la DSEE, un examen annuel des « travaux en cours » a été mis sur pied en collaboration avec Environnement et Changement climatique Canada et Ressources naturelles Canada afin d'examiner les estimations relatives à la consommation industrielle d'énergie (CIE) et le BDEE avant leur publication officielle. Des intervenants de l'industrie participent également à l'examen des données sur la CIE par l'entremise du groupe du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). Le Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CEEDC) prend part, lui aussi, à l'examen des données des raffineries et des statistiques sur l'énergie de l'industrie.

A4.4. Coefficients d'émission implicites dans le CUPR

Les experts réviseurs du CCNUCC utilisent le logiciel de déclaration du CUPR générant les coefficients d'émission implicites (CEI) pour un contrôle initial de la présence éventuelle de valeurs aberrantes. Une telle vérification s'avère utile, notamment dans le cas d'une comparaison directe de combustibles commerciaux identiques produits dans des pays différents. En effet, chacun de ces combustibles est produit selon des normes de spécifications en matière de qualité et de composition prévoyant des intervalles de valeurs acceptables de teneur en carbone et de pouvoir calorifique. Les combustibles commerciaux tels que l'essence pour moteurs, le diesel, le mazout léger ont des spécifications semblables partout dans le monde, ce qui explique des écarts entre CEI de quelques pour cent seulement. Cependant, dans le cas de combustibles comme le gaz naturel (brut), le pétrole brut ou le charbon (bitumineux, subbitumineux, etc.) non marchands, les écarts de pourcentages peuvent beaucoup varier en raison des différences locales liées à la géologie, aux gisements et à la classification des combustibles (ce qui est particulièrement vrai pour le charbon).

La vérification des valeurs aberrantes de CEI est peu fiable lorsque les combustibles sont regroupés dans les Tableaux du CUPR 1A1 à 1A4 selon qu'ils sont solides, liquides ou gazeux ou qu'ils constituent de la biomasse. Dans le cas des pays consommant à la fois des combustibles commerciaux et non commerciaux, notamment les pays producteurs d'énergie où les combustibles non commerciaux et non marchands sont facilement accessibles et consommés en grandes quantités, la vérification des CEI peut révéler un grand nombre de valeurs aberrantes dans certains secteurs et groupes de combustibles (c.-à.-d. des combustibles gazeux et liquides). De manière générale, les grands pays producteurs d'énergie primaire (pétrole brut, pétrole brut synthétique, gaz naturel, etc.) consomment une proportion importante de combustibles non commerciaux par rapport aux pays produisant peu ou pas d'énergie primaire et consommant principalement des combustibles commerciaux. Dans tous ces cas, le fait de tenir compte de l'impact des situations de chaque pays sur les CEI, soit en augmentant les intervalles de ces derniers, soit en vérifiant les CEI combustible par combustible, permettrait d'accroître l'efficacité des contrôles de la qualité des données.

Dans le cas du Canada, des vérifications des CEI combustibles par combustible plutôt que par groupe de combustibles permettent de mieux comprendre leur influence sur la génération de valeurs aberrantes.

- Cela permet d'estimer les proportions relatives des combustibles commerciaux et non commerciaux dans chaque groupe de combustible.
- Cela montre comment la combinaison de combustibles commerciaux et non commerciaux à large spectre de densités de carbone et d'énergie se répercute sur le CEI de chaque combustible.

Par exemple, les CEI des combustibles liquides au Canada peuvent être relativement élevés en raison de la combustion de grandes quantités de pétrole brut, de coke de pétrole et de gaz de distillation. Dans le cas des combustibles gazeux, les CEI peuvent également s'avérer élevés, car certains producteurs d'énergie consomment des quantités importantes de gaz naturel non marchand.

Les données présentées dans le Tableau A4-2 illustrent les écarts des teneurs en carbone qui existent entre chaque groupe de combustibles et montre qu'au sein du groupe des combustibles liquides secondaires à usage commercial, la teneur en carbone varie entre 13,49 et 22,73 t C/TJ. Dans le cas des catégories du CUPR consommant une grande quantité de gaz de distillation ou de coke de pétrole (combustibles issus des raffineries et usines de traitement) et par rapport aux produits pétroliers raffinés de qualité commerciale, les CEI des combustibles liquides présentent dans l'ensemble des valeurs aberrantes vu qu'elles sont supérieures aux moyennes internationales.

Le Canada étant un grand producteur de combustibles fossiles, les catégories suivantes généreront vraisemblablement des valeurs aberrantes de CEI; 1A1b Raffinage du pétrole, 1A1ci Fabrication de combustibles solides et 1A1cii Extraction de pétrole et de gaz. Comme indiqué précédemment, la vérification des catégories du CEI devrait se faire combustible par combustible ou en évaluant les pays ayant des profils industriels similaires. Cela permettrait d'obtenir des résultats et analyses plus faciles à comparer.

ÉVALUATION DE L'EXHAUSTIVITÉ

Ce rapport d'inventaire sert à évaluer de façon exhaustive les sources et puits de gaz à effet de serre (GES) anthropiques au Canada. Cependant, les émissions de certaines catégories ne sont pas estimées (NE pour non estimées) ou ont été incluses dans d'autres catégories (IE pour « included elsewhere », donc incluses ailleurs) pour les raisons expliquées dans les tableaux A5-1 et A5-2. Ces tableaux sont cohérents avec le Tableau 9 (exhaustivité — Information sur les clés de notation) de l'année la plus récente, du cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR) disponible en ligne à : <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2023> (en anglais seulement).

Tableau A5-1 Sommaire des sources et des puits de GES non estimés			
GES	Secteur	Catégorie de sources ou de puits	Explication
C ₁₀ F ₁₈	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
C ₂ F ₆	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
C ₃ F ₈	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
C ₄ F ₁₀	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
C ₅ F ₁₂	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
C ₆ F ₁₄	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
CF ₄	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et les récupérations de SF ₆ et des PFC dans Utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
CH ₄	Agriculture	3.1 Animaux d'élevage / 3.A Fermentation entérique / 3.A.4 Autres animaux d'élevage / Autres (veuillez préciser) / animaux à fourrure	Aucun coefficient d'émission par défaut n'est disponible pour les renards et les visons.
CH ₄	Agriculture	3.1 Animaux d'élevage / 3.A Fermentation entérique / 3.A.4 Autres animaux d'élevage / Autres (veuillez préciser) / lapins	Aucun coefficient d'émission par défaut n'est disponible pour les lapins.
CH ₄	Agriculture	3.1 Animaux d'élevage / 3.A Fermentation entérique / 3.A.4 Autres animaux d'élevage / Autres (veuillez préciser) / volaille	Aucun coefficient d'émission par défaut n'est disponible pour la volaille.
CH ₄	Agriculture	3.D Sols agricoles	Les émissions de méthane attribuables aux sols agricoles ne sont pas estimées parce qu'aucune méthodologie n'est fournie dans les Lignes directrices 2006 du GIEC.
CH ₄	Énergie	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.1 Combustibles solides / 1.B.1.b Transformation des combustibles solides	Les émissions provenant de la production de briquettes, en tant que source, représentent moins de 0,05 % des émissions totales et ne dépassent pas 500 kt d'éq. CO ₂ .
CH ₄	Procédés industriels et utilisation des produits	2.B Industries chimiques / 2.B.1 Production d'ammoniac	Les émissions de CH ₄ pour la production d'ammoniac sont présumées négligeables.
CH ₄	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / toiture en bardeaux d'asphalte	Les émissions de CH ₄ ne sont pas estimées, car le GIEC ne fournit aucune orientation méthodologique.

Tableau A5-1 **Sommaire des sources et des puits de GES non estimés (suite)**

GES	Secteur	Catégorie de sources ou de puits	Explication
CH ₄	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autre (veuillez préciser) / Autre (veuillez préciser) / Autre et indifférencié	Les émissions de CH ₄ ne sont pas estimées, car le GIEC ne fournit aucune orientation méthodologique.
CH ₄	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autre (veuillez préciser) / asphaltage des routes	Les émissions de CH ₄ ne sont pas estimées, car le GIEC ne fournit aucune orientation méthodologique.
CH ₄	ATCATF	4.B Terres cultivées / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / total des sols minéraux / sols minéraux réhumectés	Aucune donnée propre au pays n'est disponible actuellement pour estimer cette catégorie de sources. Des mesures sont en place pour produire de meilleures données sur les activités ATCATF qui pourraient potentiellement améliorer le calcul de ces estimations.
CH ₄	ATCATF	4.B Terres cultivées / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / total des sols organiques / sols organiques drainés	Les Lignes directrices 2006 du GIEC ne fournissent pas de directive concernant la déclaration des émissions de CH ₄ attribuables aux sols organiques drainés dans la catégorie des Terres cultivées.
CH ₄	ATCATF	4.B Terres cultivées / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / total des sols organiques / sols organiques réhumectés	Aucune donnée propre au pays n'est disponible actuellement pour estimer cette catégorie de sources. Des mesures sont en place pour produire de meilleures données sur les activités ATCATF qui pourraient potentiellement améliorer le calcul de ces estimations.
CH ₄	ATCATF	4.D Terres humides / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / Autres terres humides (veuillez préciser)	Actuellement, aucune estimation n'a été déclarée dans la catégorie Autres terres humides.
CH ₄	ATCATF	4.E Établissements 4.E.1 Établissements dont la vocation n'a pas changée	Il n'existe actuellement aucune donnée sur les activités propre au pays ni de méthodologie pour estimer cette catégorie de sources.
CH ₄	Déchets	5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2 Combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2.1 Biogène / 5.C.2.1.a Déchets solides municipaux	La réglementation des provinces et des territoires interdit la combustion à l'air libre dans les sites d'enfouissement. Selon des données empiriques, la combustion à l'air libre d'une certaine quantité de déchets a lieu en milieu résidentiel, surtout dans les régions rurales du pays. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthodologie à jour pour estimer ces émissions. Cette source d'émissions ne devrait pas être importante en comparaison avec d'autres activités au Canada.
CH ₄	Déchets	5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2 Combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2.2 Non biogène / 5.C.2.2.a Déchets solides municipaux	La réglementation des provinces et des territoires interdit la combustion à l'air libre dans les sites d'enfouissement. Selon des données empiriques, la combustion à l'air libre d'une certaine quantité de déchets a lieu en milieu résidentiel, surtout dans les régions rurales du pays. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthodologie à jour pour estimer ces émissions. Cette source d'émissions ne devrait pas être importante en comparaison avec d'autres activités au Canada.
CO ₂	Énergie	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.1 Combustibles solides / 1.B.1.b Transformation des combustibles solides	Les émissions provenant de la production de briquettes, en tant que source, représentent moins de 0,05 % des émissions totales et ne dépassent pas 500 kt d'éq. CO ₂ .
CO ₂	Procédés industriels et utilisation des produits	2.A Industrie minérale / 2.A.4 Autres utilisations de procédés des carbonates / 2.A.4.a Céramique	Les émissions sont considérées comme négligeables, tel que défini au paragraphe 37(b) de l'annexe 1 des directives de la CCNUCC pour la notification des inventaires annuels.
CO ₂	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / toiture en bardeaux d'asphalte	Aucune donnée propre au pays n'est disponible actuellement.
CO ₂	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D. Production non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / Autres (veuillez préciser) / Autres et indifférencié	Seules les émissions agrégées de CO ₂ sont comprises.
CO ₂	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / asphaltage des routes	Aucune donnée propre au pays n'est disponible à l'heure actuelle.
CO ₂	ATCATF	4.B Terres cultivées / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / total des sols minéraux / sols minéraux réhumectés	Aucune donnée propre au pays n'est disponible actuellement pour estimer cette catégorie de sources. Des mesures sont en place pour produire de meilleures données sur les activités ATCATF qui pourraient potentiellement améliorer le calcul de ces estimations.
CO ₂	ATCATF	4.D Terres cultivées / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / Total des sols organiques / Sols organiques réhumectés	Aucune donnée propre au pays n'est disponible actuellement pour estimer cette catégorie de sources. Des mesures sont en place pour produire de meilleures données sur les activités ATCATF qui pourraient potentiellement améliorer le calcul de ces estimations.

Tableau A5-1 **Sommaire des sources et des puits de GES non estimés (suite)**

GES	Secteur	Catégorie de sources ou de puits	Explication
CO ₂	ATCATF	4.D Terres humides / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / Autres terres humides (veuillez préciser)	Actuellement, aucune estimation n'a été déclarée dans la catégorie Autres terres humides.
CO ₂	ATCATF	4.G Produits ligneux récoltés / Méthode B / Élément pour information / PLR dans les sites d'élimination des déchets solides	Les informations propres au pays sur les déchets de bois et de papier dans les sites d'élimination des déchets solides ne sont actuellement pas disponibles.
CO ₂	Déchets	5.C Incinération et combustion à l'air libre des déchets / 5.C.2 Combustion à l'air libre des déchets / 5.C.2.1 Biogène / 5.C.2.1.a Déchets solides municipaux	La réglementation des provinces et des territoires interdit la combustion à l'air libre dans les sites d'enfouissement. Selon des données empiriques, la combustion à l'air libre d'une certaine quantité de déchets a lieu en milieu résidentiel, surtout dans les régions rurales du pays. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthodologie à jour pour estimer ces émissions. Cette source d'émissions ne devrait pas être importante en comparaison avec d'autres activités au Canada.
CO ₂	Déchets	5.C Incinération et combustion à l'air libre des déchets / 5.C.2 Combustion à l'air libre des déchets / 5.C.2.2 Non biogène / 5.C.2.2.a Déchets solides municipaux	La réglementation des provinces et des territoires interdit la combustion à l'air libre dans les sites d'enfouissement. Selon des données empiriques, la combustion à l'air libre d'une certaine quantité de déchets a lieu en milieu résidentiel, surtout dans les régions rurales du pays. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthodologie à jour pour estimer ces émissions. Cette source d'émissions ne devrait pas être importante en comparaison avec d'autres activités au Canada.
CO ₂	Déchets	5.F Notes / 5.F.1 Entreposage à long terme de C dans les sites d'évacuation des déchets	Le travail est entrepris pour inclure l'entreposage à long terme de C dans les sites d'évacuation des déchets.
CO ₂	Déchets	5.F Notes / 5.F.2 Changement annuel d'entreposage total de C	Le travail est entrepris pour inclure l'entreposage à long terme de C dans les sites d'évacuation des déchets.
CO ₂	Déchets	5.F Notes / 5.F.3 Changement annuel d'entreposage total de C dans les déchets de PLR	Le travail est entrepris pour inclure l'entreposage à long terme de C dans les sites d'évacuation des déchets.
N ₂ O	Agriculture	3.D Sols agricoles / 3.D.1 Émissions directes de N ₂ O des sols entretenus / 3.D.1.2 Engrais organiques / 3.D.1.2.c Autres engrais organiques appliqués aux sols.	La quantité de N dans Autres engrais organiques appliqués aux sols n'est pas disponible.
N ₂ O	Énergie	1.B Émissions fugitives des carburants / 1.B.1 Combustibles solides / 1.B.1.b Transformation des combustibles solides	Les émissions provenant de la production de briquettes, en tant que source, représentent moins de 0,05 % des émissions totales et ne dépassent pas 500 kt d'éq. CO ₂ .
N ₂ O	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / toiture en bardeaux d'asphalte	Les émissions de N ₂ O ne sont pas estimées, car le GIEC n'offre aucune orientation méthodologique.
N ₂ O	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / Autres (veuillez préciser) / Autres et indifférencié	Les émissions de N ₂ O ne sont pas estimées, car le GIEC n'offre aucune orientation méthodologique
N ₂ O	Procédés industriels et utilisation des produits	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / asphaltage des routes	Les émissions de N ₂ O ne sont pas estimées, car le GIEC n'offre aucune orientation méthodologique
N ₂ O	ATCATF		Les émissions de N ₂ O provenant de sources indirectes d'origine non agricole et non liées à l'ATCATF n'ont pas été estimées, car aucune donnée propre au pays n'est disponible actuellement.
N ₂ O	ATCATF	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation / l'immobilisation de N	Les émissions directes de N ₂ O associées à la perte de matière organique du sol sur les Terres forestières dont la vocation n'a pas changé sont considérées comme négligeables.
N ₂ O	ATCATF	4.A Terres forestières / 4.A.2 Terres converties en terres forestières / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation / l'immobilisation de N / 4.A.2.1 Terres cultivées converties en terres forestières	Les modifications apportées par la gestion du carbone organique du sol ne sont pas disponibles, car aucune donnée sur les activités propre au pays n'est disponible actuellement pour la série chronologique.
N ₂ O	ATCATF	4.C Prairies / 4.C.1 Prairies dont la vocation n'a pas changé / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation / l'immobilisation de N	Les modifications apportées par la gestion du carbone organique du sol ne sont pas disponibles, car aucune donnée sur les activités propre au pays n'est disponible actuellement pour la série chronologique.
N ₂ O	ATCATF	4.D Terres humides / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / Autres terres humides (veuillez préciser)	Actuellement, aucune estimation n'a été déclarée dans la catégorie Autres terres humides.
N ₂ O	ATCATF	4.E Établissements / 4.E.1 Établissements dont la vocation n'a pas changé / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation / l'immobilisation de N	Les émissions de N ₂ O provenant des arbres des zones urbaines ne sont pas déclarées, car aucune donnée sur la variation nette des stocks de carbone dans les sols propre au pays n'est disponible.

Tableau A5-1 **Sommaire des sources et des puits de GES non estimés (suite)**

GES	Secteur	Catégorie de sources ou de puits	Explication
N ₂ O	ATCATF	4.E Établissements / 4.E.2 Terres converties en établissements / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation / l'immobilisation de N / 4.E.2.1 Terres forestières converties en établissements	Les modifications apportées par la gestion du carbone organique du sol ne sont pas disponibles, car aucune donnée sur les activités propre au pays n'est disponible actuellement pour la série chronologique.
N ₂ O	ATCATF	4.E Établissements / 4.E.2 Terres converties en établissements / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de la minéralisation / l'immobilisation de N / 4.E.2.3 Prairies converties en établissements	Les modifications apportées par la gestion du carbone organique du sol ne sont pas disponibles, car aucune donnée sur les activités propre au pays n'est disponible actuellement pour la série chronologique.
N ₂ O	Déchets	5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2 Combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2.1 Biogène / 5.C.2.1.a Déchets solides municipaux	La réglementation des provinces et des territoires interdit la combustion à l'air libre dans les sites d'enfouissement. Selon des données empiriques, la combustion à l'air libre d'une certaine quantité de déchets a lieu en milieu résidentiel, surtout dans les régions rurales du pays. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthodologie à jour pour estimer ces émissions. Cette source d'émissions ne devrait pas être importante en comparaison avec d'autres activités au Canada.
N ₂ O	Déchets	5.C Incinération et combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2 Combustion à l'air libre de déchets / 5.C.2.2 Non biogène / 5.C.2.2.a Déchets solides municipaux	La réglementation des provinces et des territoires interdit la combustion à l'air libre dans les sites d'enfouissement. Selon des données empiriques, la combustion à l'air libre d'une certaine quantité de déchets a lieu en milieu résidentiel, surtout dans les régions rurales du pays. Cependant, il n'existe actuellement aucune méthodologie à jour pour estimer ces émissions. Cette source d'émissions ne devrait pas être importante en comparaison avec d'autres activités au Canada.
SF ₆	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et récupérations pour le SF ₆ et les PFC dans l'utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
Mélange non précisé de PFC	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et récupérations pour le SF ₆ et les PFC dans l'utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
c-C ₃ F ₆	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et récupérations pour le SF ₆ et les PFC dans l'utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.
c-C ₄ F ₈	Procédés industriels et utilisation des produits	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.2 SF ₆ et PFC provenant des utilisations d'autres produits	Les émissions et récupérations pour le SF ₆ et les PFC dans l'utilisation d'autres produits ne sont pas disponibles. La collecte de données et l'évaluation de la signification sont en cours.

Note : La mention « non estimé » comprend les sources et les puits mentionnés dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006), mais qui ne sont pas pris en compte dans le présent inventaire.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
CH ₄	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles gazeux	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CH ₄	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles liquides	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CH ₄	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles solides	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CH ₄	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.1 Combustibles solides / 1.B.1.a Extraction et manutention du charbon / 1.B.1.a.1 Mines souterraines / 1.B.1.a.1.ii Activités post-extraction	1.B.1.a.1.ii Mines souterraines – Activités minières	1.B.1.a.1.i Mines souterraines – Activités minières	Seuls les coefficients d'émission agrégés étaient disponibles.
CH ₄	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.1 Combustibles solides / 1.B.1.a Extraction et manutention du charbon / 1.B.1.a.2 Mines de surface / 1.B.1.a.2.ii Activités post-extraction	1.B.1.a.2.ii Mines de surface – Activités post-extraction	1.B.1.a.2.i Mines de surface – Activités minières	Seuls les coefficients d'émissions agrégés étaient disponibles.
CH ₄	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.2 Pétrole et gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie / 1.B.2.a Pétrole / 1.B.2.a.1 Exploration	1.B.2.a.1 Pétrole – Exploration	1.B.2.a.2 Pétrole – Production	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CH ₄	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.2 Pétrole et gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie / 1.B.2.a Pétrole / 1.B.2.a.5 Distribution de produits pétroliers	1.B.2.a.5 Pétrole – Distribution de produits pétroliers	1.B.2.a.4 Pétrole – Transport	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CH ₄	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.2 Pétrole et gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie / 1.B.2.b Gaz naturel / 1.B.2.b.1 Exploration	1.B.2.b.1 Gaz naturel – Exploration	1.B.2.b.2 Gaz naturel – Production	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CH ₄	1.D Notes / 1.D.2 Opérations multilatérales	1.D.2 Opérations multilatérales	1.A.3.a Transport aérien intérieur et 1.A.3.d Transport maritime intérieur	Les émissions des opérations multilatérales, s'il y en a, seront déclarées dans 1.A.3.a Transport aérien intérieur ou dans 1.A.3.d Transport maritime intérieur.
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production de noir de carbone – Émissions de N ₂ O	2.B.8.f Noir de carbone	2.B.8.f Noir de carbone	Les émissions de CO ₂ et de CH ₄ du carbone noir sont déclarées dans 2.B.8.f Carbone noir. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O.
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production de noir de carbone – Émissions de N ₂ O	2.B.8.f	2.B.8.f	Les émissions de carbone noir sont déclarées dans 2.B.8.f Carbone noir. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O.
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N ₂ O	2.B.8.a Méthanol, 2.B.8.b Éthylène et 2.B.8.d Noir de carbone	2.B.8.a Méthanol, 2.B.8.b Éthylène et 2.B.8.d Carbone noir ou 2.B.8.g Autre (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO ₂ et CH ₄) lorsque les données sur les activités sont confidentielles.	Les émissions de CH ₄ de 2.B.10 Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans les catégories 2.B.8.a Méthanol, 2.B.8.b Éthylène et 2.B.8.d Carbone noir ou dans 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – émissions de CO ₂ et de CH ₄). Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O agrégées lorsque les données sur l'activité sont confidentielles.
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production d'éthylène – Émissions de N ₂ O	2.B.8.b Éthylène	2.B.8.b Éthylène	Les émissions de CH ₄ de 2.B.10 Autres (Production d'éthylène – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans 2.B.8.b Éthylène. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O pour la production d'éthylène.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs (suite)**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production de méthanol – Émissions de N ₂ O	2.B.8.a Méthanol	2.B.8.a Méthanol	Les émissions de CH ₄ de 2.B.10 Autres (Production de méthanol – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans 2.B.8.a Méthanol. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O pour la production de méthanol.
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.8 Production de pétrochimie et de noir de carbone / 2.B.8.d Oxyde d'Éthylène	2.B.8 Production de pétrochimie et de carbone noir / 2.B.8.d Oxyde d'Éthylène	2.B.8 Production de pétrochimie et de carbone noir / 2.B.8.g Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO ₂ et CH ₄	Les émissions de CH ₄ de l'oxyde d'éthylène de 2.B.8.d sont déclarées dans 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – émissions de CO ₂ et de CH ₄) pour protéger les données confidentielles sur les activités.
CH ₄	2.B Industries chimiques / 2.B.8 Production de pétrochimie et de carbone noir / 2.B.8.g Autres / Autres (veuillez préciser) / Styène	2.B.8.g Autres	2.B.8.g Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO ₂ et CH ₄	Le styrène est déclaré dans Produits pétrochimiques confidentiels – émissions de CO ₂ et de CH ₄ pour protéger les données confidentielles sur les activités.
CH ₄	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.a Acier	2.C.1.a	2.C.1.b Fonte brute	Les émissions de CH ₄ de 2.C.1.a Acier sont déclarées dans 2.C.1.b Fonte brute.
CH ₄	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.c Fer de réduction directe	2.C.1.c	1.A.2.a	Les émissions de CH ₄ de 2.C.1.c Fer de réduction directe sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.a Sidérurgie, car seules les données agrégées sont disponibles.
CH ₄	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.d Trempage	2.C.1.d	1.A.2.a	Les émissions de CH ₄ issues du 2.C.1.d Trempage sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.a Sidérurgie, car seules les données agrégées sont disponibles.
CH ₄	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.e Bouletage	2.C.1.e	1.A.2.a	Les émissions de CH ₄ issues du 2.C.1.e Bouletage sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.a Sidérurgie, car seules les données agrégées sont disponibles.
CH ₄	2.C Industrie métallurgique / 2.C.2 Production de ferro-alliages	2.C.2	2.C.1.a et 2.C.1.b	Les émissions de CH ₄ des 2.C.2 Ferro-alliages sont déclarées dans 2.C.1.a Acier et 2.C.1.b Fonte brute, car seules les données agrégées sont disponibles.
CH ₄	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / Utilisation de solvant	2.D.3 Utilisation de solvants	2.D.3 Autres procédés et procédés indifférenciés	L'utilisation de solvant est déclarée dans la catégorie 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CH ₄	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CH ₄	4.B Terres cultivées / 4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols minéraux	Combustion de biomasse ligneuse dans ATCATF; brûlage de résidus agricoles dans le secteur de l'Agriculture.	Secteur de l'Agriculture	L'incinération des résidus agricoles dans les champs est déclarée dans le secteur de l'Agriculture.
CH ₄	4.B Terres cultivées / 4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Combustion de biomasse ligneuse dans ATCATF; brûlage de résidus agricoles dans le secteur de l'Agriculture.	Secteur de l'Agriculture	L'incinération des résidus agricoles dans les champs est déclarée dans le secteur de l'Agriculture.
CH ₄	4.B Terres cultivées / 4.B.2 Terres converties en terres cultivées / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CH ₄	4.C Prairies / 4.C.1 Prairies dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CH ₄	4.C Prairies / 4.C.1 Prairies dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Feux de forêt / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CH ₄	4.D Terres humides / 4.D.2 Terres converties en terres humides / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs (suite)**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
CH ₄	4.E Établissements / 4(V) Combustion de biomasse / Sols organiques	4(V) Combustion de biomasse – sols organiques	4(V) Combustion de biomasse – sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CH ₄	4.E Établissements / 4.E.2 Terres converties en établissements	Tableau 4, s'il est possible de faire une distinction	Tableau 4(V)	Les émissions de CH ₄ sont déclarées dans le tableau 4(V), Combustion de biomasse.
CH ₄	5.B Traitement biologique des déchets solides / 5.B.1 Compostage / 5.B.1.b Autres (veuillez préciser)	Compris dans 5.b.1.a comme valeur unique.	Compris dans 5.b.1.a comme valeur unique.	Compris dans 5.b.1.a comme valeur unique.
CH ₄	5.B Traitement biologique des déchets solides / 5.B.2 Digestion anaérobie aux installations de biogaz / 5.B.2.a Déchets municipaux solides		Compris dans 5.b.1.a comme valeur unique.	
CH ₄	5.B Traitement biologique des déchets solides / 5.B.2 Digestion anaérobie aux installations de biogaz / 5.B.2.b Autres (veuillez préciser)	Compris dans 5.b.1.a où les émissions du compostage sont comptées comme les émissions totales dans le Traitement biologique des déchets.	Compris dans 5.b.1.a où les émissions du compostage sont comptées comme émissions totales dans le Traitement biologique des déchets.	Compris dans 5.b.1.a où les émissions du compostage sont comptées comme émissions totales dans le Traitement biologique des déchets.
CH ₄	5.E Autres (veuillez spécifier) / 5.E.1 Eau résiduaire industrielle			Seules les émissions de CO ₂ non biogènes sont déclarées dans 5.E. La totalité des autres émissions des eaux résiduaires industrielles sont déclarées dans 5.D.2.
CO ₂	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles gazeux	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CO ₂	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles liquides	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CO ₂	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / combustibles solides	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CO ₂	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / biomasse 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CO ₂	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.2 Émissions attribuables à la production de pétrole et de gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie / 1.B.2.a Pétrole / 1.B.2.a.1 Exploration	1.B.2.a.1 Pétrole – Exploration	1.B.2.a.2 Pétrole – Production	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CO ₂	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.2 Émissions attribuables à la production de pétrole et de gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie / 1.B.2.a Pétrole / 1.B.2.a.5 Distribution de produits pétroliers	1.B.2.a.5 Pétrole – Distribution de produits pétroliers	1.B.2.a.3 Pétrole – Transport	Seules les données agrégées étaient disponibles.
CO ₂	1.B Émissions fugitives imputables aux combustibles / 1.B.2 Émissions attribuables à la production de pétrole et de gaz naturel et autres émissions attribuables à la production d'énergie / 1.B.2.b Gaz naturel / 1.B.2.b.1 Exploration	1.B.2.b.1 Gaz naturel – Exploration	1.B.2.b.2 Gaz naturel – Production	Seules les données agrégées étaient disponibles.

Tableau A5–2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs (suite)**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
CO ₂	1.D Notes / 1.D.2 Opérations multilatérales	1.D.2 Opérations multilatérales	1.A.3.a Transport aérien intérieur et 1.A.3.d Transport maritime intérieur	Les émissions des opérations multilatérales, s'il y en a, seront déclarées dans 1.A.3.a Transport aérien intérieur ou dans 1.A.3.d Transport maritime intérieur.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production de noir de carbone – émissions de N ₂ O	2.B.8.f Carbone noir	2.B.8.f Carbone noir	Les émissions de CO ₂ et de CH ₄ du carbone noir sont déclarées dans 2.B.8.f Carbone noir. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production de noir de carbone – émissions de N ₂ O	2.B.8.f	2.B.8.f	Le carbone noir est déclaré dans 2.B.8.f Carbone noir. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Produits pétrochimiques confidentiels – émissions de N ₂ O	2.B.8.a Méthanol, 2.B.8.b Éthylène et 2.B.8.d Noir de carbone	2.B.8.a Méthanol, 2.B.8.b Éthylène et 2.B.8.d Noir de carbone ou 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO ₂ et CH ₄) lorsque les données sur les activités sont confidentielles.	Les émissions de CO ₂ de 2.B.10 Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans 2.B.8.a Méthanol, 2.B.8.b Éthylène et 2.B.8.d Carbone noir ou 2.B.8.g Autres (Produits pétrochimiques confidentiels – Émissions de CO ₂ et de CH ₄). Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O agrégées lorsque les données sur l'activité sont confidentielles.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production d'éthylène – émissions de N ₂ O	2.B.8.b Éthylène	2.B.8.b. Éthylène	Les émissions de CO ₂ de 2.B.10 Autres (Production d'éthylène – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans 2.B.8.b Éthylène. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O pour la production d'éthylène.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production d'éthylène – émissions de N ₂ O	2.B.8.b Éthylène	2.B.8.b. Éthylène	Les émissions de CO ₂ de 2.B.10 Autres (Production d'éthylène – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans 2.B.8.b Éthylène. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O pour la production d'éthylène.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.10 Autres (veuillez préciser) / Production de méthanol – Émissions de N ₂ O	2.B.8.a Méthanol	2.B.8.a Méthanol	Les émissions de CO ₂ de 2.B.10 Autre (Production de méthanol – Émissions de N ₂ O) sont déclarées dans 2.B.8.a Méthanol. Ce nœud a été créé pour la déclaration des émissions de N ₂ O pour la production de méthanol.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.6 Production de dioxyde de titane	2.B Industries chimiques / 2.B.6 Production de dioxyde de titane	1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.b Métaux non-ferreux et 1.A.2.c Produits chimiques	Le CO ₂ provenant de l'utilisation de charbon anthraciteux comme agent réducteur de la scorie titane de est inclus dans le CRF 1.A.2.b Métaux non-ferreux. Le CO ₂ provenant du procédé de production au chlorure du TiO ₂ avec l'utilisation de coke de pétrole comme agent réducteur est inclus dans le CRF 1.A.2.c Produits chimiques. Aucune donnée désagrégée n'est disponible actuellement.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone / 2.B.8.f Noir de carbone	2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone / 2.B.8.f Noir de carbone	2.D.3 Autres – Autres procédés et procédés indifférenciés	Les émissions de CO ₂ du carbone noir sont déclarées dans 2.D.3 Autres procédés et procédés indifférenciés. Les émissions de 2.D.3 Autres – Autres procédés et procédés indifférenciés sont estimées d'après l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques par type de combustible ou de matière première et non par une activité industrielle. Seules les données agrégées sont disponibles. Veuillez vous référer à l'Annex 3, section A3.3.3 pour des détails additionnels.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone / 2.B.8.f Noir de carbone	2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone / 2.B.8.f Noir de carbone	2.D.3 Autres procédés et procédés indifférenciés	Le carbone noir est déclaré dans 2.D.3 Autres procédés et procédés indifférenciés. Seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone / 2.B.8.g Autres / Autres (veuillez préciser) / Styrene	Autres (veuillez préciser) / Styrene	2.D.3 Autres – Autres procédés et procédés indifférenciés	Le styrène est déclaré dans 2.D.3 Autres – Autres procédés et procédés indifférenciés.
CO ₂	2.B Industries chimiques / 2.B.8 Production pétrochimique et de noir de carbone / 2.B.8.g Autres / Autres (veuillez préciser) / Styrene	2.B.8.g Autres	2.D.3 Autres – Autres procédés et procédés indifférenciés	Le styrène est déclaré dans 2.D.3 Autres – Autres procédés et procédés indifférenciés. Aucune donnée désagrégée n'est disponible actuellement.
CO ₂	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.c Fer de réduction directe	2.C.1.c	1.A.2.a	Les émissions de CO ₂ du 2.C.1.c fer de réduction directe sont déclarées dans la catégorie 1.A.2.a Sidérurgie, car seules les données agrégées sont disponibles.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs (suite)**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
CO ₂	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.d Trempage	2.C.1.d	1.A.2.a, 2.D.3	Les émissions de CO ₂ issues du 2.C.1.d trempage sont déclarées dans les catégories 1.A.2.a sidérurgie et 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.C Industrie métallurgique / 2.C.1 Production sidérurgique / 2.C.1.e Bouletage	2.C.1.e	1.A.2.a, 2.D.3	Les émissions de CO ₂ du 2.C.1.e Bouletage sont déclarées dans les catégories 1.A.2.a Sidérurgie et 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.C Industrie métallurgique / 2.C.2 Production de ferro-alliages	2.C.2	2.C.1.a et 2.C.1.b	Les émissions de CO ₂ de 2.C.2 ferro-alliages sont déclarées dans 2.C.1.a Acier et 2.C.1.b Fonte brute, car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.C Industrie métallurgique / 2.C.5 Production de plomb			Inclus dans 2.D.3. Les données agrégées ne sont pas disponible actuellement.
CO ₂	2.C Industrie métallurgique / 2.C.6 Production de zinc			Inclus dans 2.D.3. Les données agrégées ne sont pas disponible actuellement.
CO ₂	Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.1 Utilisation de lubrifiant	2.D.1	2.D.3	L'utilisation de lubrifiant est déclarée dans la catégorie 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.1 Utilisation de lubrifiant	2.D.3	2.D.3	L'utilisation de lubrifiant est déclarée dans la catégorie 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.2 Utilisation de paraffine	2.D.2	2.D.3	L'utilisation de paraffine est déclarée dans la catégorie 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / Utilisation de solvant	2.D.3 Utilisation de solvants	2.D.3 Autres procédés et procédés indifférenciés	L'utilisation de solvant est déclarée dans la catégorie 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
CO ₂	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles et ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CO ₂	4.B Terres cultivées / 4(II) Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux / Total des sols organiques / Sols organiques drainés	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon la catégorie ATCATF précise.
CO ₂	4.B Terres cultivées / 4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols minéraux	Combustion de biomasse ligneuse dans ATCATF; brûlage de résidus agricoles dans le secteur de l'Agriculture.	Secteur de l'Agriculture	L'incinération des résidus agricoles dans les champs est déclarée dans le secteur de l'Agriculture.
CO ₂	4.B Terres cultivées / 4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Combustion de biomasse ligneuse dans ATCATF; brûlage de résidus agricoles dans le secteur de l'Agriculture.	Secteur de l'Agriculture	L'incinération des résidus agricoles dans les champs est déclarée dans le secteur de l'Agriculture.
CO ₂	4.B Terres cultivées / 4.B.2 Terres converties en terres cultivées / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles et ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
CO ₂	4.D Terres humides / 4.D.2 Terres converties en terres humides / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles et ne permettent pas de distinguer les sols organiques des sols minéraux.
CO ₂	4.E Établissements / 4(V) Combustion de biomasse / Sols organiques	4(V) Combustion de biomasse – sols organiques	4(V) Combustion de biomasse – sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles et ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs (suite)**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
N ₂ O	3.D Sols agricoles / 3.D.1 Émissions directes de N ₂ O provenant des terres aménagées / 3.D.1.7 Autres	Pas présente dans les Lignes directrices 2006 du GIEC	3.D.1.1 Engrais azotés inorganiques / 3.D.1.2.a Fumier épandu sur les sols / 3.D.1.4 Résidus de culture	Deux sources et puits de N ₂ O propres au pays (travail de conservation et irrigation du sol) sont déclarés pour les émissions découlant des sols agricoles des catégories 3.D.1.1, 3.D.1.2.a, 3.D.1.2.b et 3.D.1.4. Compte tenu des limites du logiciel CRF Reporter, il n'est pas possible pour le moment de déclarer séparément ces catégories de sources ou de puits.
N ₂ O	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles gazeux	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
N ₂ O	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles liquides	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
N ₂ O	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et Construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Combustibles solides	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
N ₂ O	1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac / Biomasse 1.AA Utilisation de combustibles – méthode sectorielle / 1.A.2 Industries manufacturières et construction / 1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.e Transformation des aliments, boissons et tabac	1.A.2.g.viii Autres	Seules les données agrégées étaient disponibles.
N ₂ O	1.D Notes / 1.D.2 Opérations multilatérales	1.D.2 Opérations multilatérales	1.A.3.a Transport aérien intérieur et 1.A.3.d Transport maritime intérieur	Les émissions pour les opérations multilatérales, s'il y en a, seront déclarées dans 1.A.3.a Transport aérien intérieur ou dans 1.A.3.d, Transport maritime intérieur.
N ₂ O	2.D Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant / 2.D.3 Autres (veuillez préciser) / Utilisation de solvant	2.D.3 Utilisation de solvants	2.D.3 Autres procédés et procédés indifférenciés	L'utilisation de solvant est déclarée dans la catégorie 2.D.3 Autres (Autres procédés et procédés indifférenciés), car seules les données agrégées sont disponibles.
N ₂ O	4(IV) Émissions indirectes de N ₂ O provenant des terres aménagées / Dépôts atmosphériques	Agriculture pour les terres agricoles et ATCATF pour les terres non agricoles	Agriculture pour les terres agricoles, NE pour les terres non agricoles	Les émissions de N ₂ O provenant de l'azote volatilisé des Terres aménagées sont déclarées dans le secteur Agriculture. Les émissions indirectes de N ₂ O attribuables à la lixiviation et au ruissellement d'azote provenant d'engrais et d'autres sources sont déclarées dans le secteur Agriculture. Les émissions de N ₂ O associées à la lixiviation de l'azote et au ruissellement d'azote minéralisé dans les sols minéraux en raison de la perte de carbone organique dans le sol des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé sont jugées négligeables.
N ₂ O	4(IV) Émissions indirectes de N ₂ O provenant des terres aménagées / Lessivage et ruissellement de l'azote	Agriculture pour les terres agricoles et ATCATF pour les terres non agricoles	Agriculture pour les terres agricoles, NE pour les terres non agricoles	Les émissions de N ₂ O provenant de l'azote volatilisé des Terres aménagées sont déclarées dans le secteur Agriculture. Les émissions indirectes de N ₂ O attribuables à la lixiviation et au ruissellement d'azote provenant d'engrais et d'autres sources sont déclarées dans le secteur Agriculture. Les émissions de N ₂ O associées à la lixiviation de l'azote et au ruissellement d'azote minéralisé dans les sols minéraux en raison de la perte de carbone organique dans le sol des Terres forestières dont la vocation n'a pas changé sont jugées négligeables.
N ₂ O	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N aux terres aménagées / engrais azotés inorganiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités dans cette catégorie.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs (suite)**

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
N ₂ O	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N aux terres aménagées / engrais azotés organiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités dans cette catégorie.
N ₂ O	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
N ₂ O	4.A Terres forestières / 4.A.2 Terres converties en terres forestières / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N dans les terres aménagées / engrais azotés inorganiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon la catégorie ATCATF précise.
N ₂ O	4.A Terres forestières / 4.A.2 Terres converties en terres forestières / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N dans les terres aménagées / engrais azotés organiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon la catégorie ATCATF précise.
N ₂ O	4.B Terres cultivées / 4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols minéraux	Combustion de biomasse ligneuse dans ATCATF; brûlage de résidus agricoles dans le secteur de l'Agriculture.	Secteur de l'Agriculture	L'incinération des résidus agricoles dans les champs est déclarée dans le secteur de l'Agriculture.
N ₂ O	4.B Terres cultivées / 4.B.1 Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Combustion de biomasse ligneuse dans ATCATF; brûlage de résidus agricoles dans le secteur de l'Agriculture.	Secteur de l'Agriculture	L'incinération des résidus agricoles dans les champs est déclarée dans le secteur de l'Agriculture.
N ₂ O	4.B Terres cultivées / 4.B.2 Terres converties en terres cultivées / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
N ₂ O	4.C Prairies / 4.C.1 Prairies dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Brûlage dirigé / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
N ₂ O	4.C Prairies / 4.C.1 Prairies dont la vocation n'a pas changé / 4(V) Combustion de biomasse / Feux de végétation / Sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
N ₂ O	4.D Terres humides / 4.D.1 Terres humides dont la vocation n'a pas changé / 4(III) Émissions directes de N ₂ O découlant de la minéralisation et de l'immobilisation du N	Tableau 4(III)	Tableau 4(III)	Les émissions de N ₂ O des terres converties pour l'extraction de tourbe sont déclarées dans le tableau 4(II). Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux.
N ₂ O	4.D Terres humides / 4.D.2. Terres converties en terres humides / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de l'immobilisation / de la minéralisation de l'azote 4.D / 4.D.2.1 Terres forestières converties en terres humides	Tableau 4(III)	Tableau 4(II)	Les émissions de N ₂ O des terres converties pour l'extraction de tourbe sont déclarées dans le tableau 4(II). Émissions et absorptions découlant du drainage et du remouillage et d'autres pratiques de gestion des sols organiques et minéraux.
N ₂ O	4.D Terres humides / 4.D.2. Terres converties en terres humides / 4(III) Émissions directes de N ₂ O provenant de l'immobilisation / de la minéralisation de l'azote 4.D / 4.D.2.5 Autres terres converties en terres humides	Tableau 4(III)	Tableau 4(II)	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
N ₂ O	4.D Terres humides / 4.D.2. Terres converties en terres humides / 4(V) Combustion de biomasse – sols organiques	Sols organiques	Sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
N ₂ O	4.E Établissements / 4(V) Combustion de biomasse / Sols organiques	4(V) Combustion de biomasse – sols organiques	4(V) Combustion de biomasse – sols minéraux	Seules les données agrégées sur les activités sont disponibles, mais ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.

Tableau A5-2 **Sommaire des sources et des puits de GES inclus ailleurs** (suite)

GES	Catégorie de sources ou de puits	Attribution selon les Lignes directrices du GIEC	Attribution utilisée par la Partie	Explication
N ₂ O	4.E Établissements / 4.E.1 Établissements dont la vocation n'a pas changé / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N dans les terres aménagées / engrais azotés inorganiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités dans cette catégorie.
N ₂ O	4.E Établissements / 4.E.1 Établissements dont la vocation n'a pas changé / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N dans les terres aménagées / engrais azotés organiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités dans cette catégorie.
N ₂ O	4.E Établissements / 4.E.2 Terres converties en établissements / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N dans les terres aménagées / engrais azotés inorganiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon la catégorie ATCATF précise.
N ₂ O	4.E Établissements / 4.E.2 Terres converties en établissements / 4(I) Émissions directes de N ₂ O provenant des apports de N dans les terres aménagées / engrais azotés organiques	Si des données sont disponibles, dans la catégorie ATCATF précise, lorsque des émissions se produisent réellement	Déclaré dans le secteur de l'Agriculture	Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon la catégorie ATCATF précise.
N ₂ O	5.E Autres (veuillez spécifier) / 5.E.1 Eau résiduaire industrielle			Seules les émissions de CO ₂ non biogènes sont déclarées dans 5.E. La totalité des autres émissions des eaux résiduaires industrielles sont déclarées dans 5.D.2.
SF ₆	2.C Industrie métallurgique / 2.C.7 Autres (veuillez préciser)	2.C.7	2.C.4	Les émissions de SF ₆ pour le moulage de magnésium sont incluses dans 2.C.4 comme le recommandent les EEE et les Lignes directrices du GIEC.
SF ₆	2.G Fabrication et utilisation d'autres produits / 2.G.1 Équipement électrique / SF ₆	2.G.1 Données ventilées relatives aux stocks et à l'élimination	2.G.1 Équipement électrique / SF ₆ (provenant des stocks)	Aucune donnée ventilée relative aux émissions provenant des stocks et de l'élimination n'est disponible et le total des émissions est déclaré dans « Provenant des stocks ».
Aucun gas	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / Changement au stock de carbone / RZ5 Bouclier Boréal Est	Soit comme CSC dans le Tableau 4.A du CRF ou comme CO ₂ dans le Tableau 4(II) du CRF	Déclaré comme des émissions de CO ₂ dans le Tableau 4(II) du CRF	Déclarées comme des émissions de CO ₂ dans le Tableau 4(II) du CRF
Aucun gas	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / Changement au stock de carbone / RZ6 Maritime de l'Atlantique	Soit dans le Tableau 4.A du CRF ou 2 dans le Tableau 4(II) du CRF	Tableau 4(II) du CRF	Déclarées comme des émissions de CO ₂ dans le Tableau 4(II) du CRF
Aucun gas	4.A Terres forestières / 4.A.1 Terres forestières dont la vocation n'a pas changé / Changement au stock de carbone / RZ7 Plaines à forêts mixtes	Soit dans le Tableau 4.A du CRF ou 2 dans le Tableau 4(II) du CRF	Tableau 4(II) du CRF	Déclarées comme des émissions de CO ₂ dans le Tableau 4(II) du CRF
Aucun gas	4.D Terres humides / 4.D.2. Terres converties en terres humides / Changement au stock de carbone / 4.D.2.2 Terres converties en terres submergées / 4.D.2.2.1 Terres forestières converties en terres submergées / RZ9 Bouclier Boréal Ouest	Sols organiques	Sols minéraux	Déclarées dans Sols minéraux. Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.
Aucun gas	4.D Terres humides / 4.D.2. Terres converties en terres humides / Changement au stock de carbone / 4.D.2.2 Autres terres converties en terres submergées / 4.D.2.2.1 Terres forestières converties en terres submergées / RZ9 Bouclier Boréal Ouest	Sols organiques	Sols minéraux	Déclarées dans Sols minéraux. Les données sur les activités ne permettent pas la ventilation des activités selon les sols organiques et les sols minéraux.

Note : La mention « inclus ailleurs » comprend les sources et les puits mentionnés dans cet inventaire qui sont attribués à un secteur autre que celui mentionné dans les Lignes directrices 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

COEFFICIENTS D'ÉMISSION

A6.1. Combustion des combustibles	284
A6.2. Procédés industriels	296
A6.3. Fabrication et utilisation d'autres produits	301
A6.4. Agriculture	302
A6.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	316
A6.6. Combustion de la biomasse	323
A6.7. Déchets	325

La présente annexe résume la façon dont les coefficients d'émission (CE) sont utilisés pour estimer l'inventaire annuel de GES du Canada. L'Annexe 3 propose des détails supplémentaires sur les méthodes propres aux secteurs quant à l'utilisation de ces coefficients.

A6.1. Combustion des combustibles

A6.1.1. Gaz naturel et liquides de gaz naturel

A6.1.1.1. Dioxyde de carbone (CO₂)

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion de combustibles fossiles dépendent essentiellement de propriétés du combustible comme la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorifique et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Pour ce qui est du gaz naturel, il en existe deux principaux types que l'on fait brûler au Canada : le combustible marchand (traité pour être vendu dans le commerce) et le combustible non marchand (non traité, pour une utilisation interne). Des variations régionales caractérisent l'utilisation du gaz naturel; neuf régions consomment du combustible marchand et sept régions du combustible non marchand.

Pour la période allant de 1990 à 1998, les coefficients d'émission provinciaux et territoriaux pour le gaz naturel marchand (Tableau A6.1–1) ont été élaborés à l'aide des données des analyses chimiques d'échantillons représentatifs de gaz naturel prélevés en 1998 (McCann, 2000). Les divers échantillons utilisés aux fins de l'analyse chimique comprenaient, le cas échéant, du gaz naturel importé et du gaz naturel canadien.

Pour la période allant de 2005 à 2018, un expert de l'industrie a été chargé de collaborer avec l'industrie de transport et de distribution de gaz naturel pour définir les réseaux provinciaux d'écoulement de gaz naturel et recueillir des données du passé. Plus de 500 000 points de données ont été recueillis pendant cette période à différents points clés, tels que des canalisations de transport, des lieux de transfert interprovinciaux, des lieux de stockage, des lieux d'importation et d'exportation et des réseaux de distribution aux consommateurs, où l'écoulement volumétrique et la composition ont pu être mesurés. À l'aide de ces données, les coefficients d'émission et la valeur énergétique du gaz naturel marchand ont été mis à jour pour les années 2005 à 2020 (Tableau A6.1–1) pour tenir compte d'une augmentation graduelle des hydrocarbures complexes dans le flux de gaz naturel contrebalançant la diminution d'environ 2 % du méthane pendant la même période. Les données recueillies par l'entrepreneur ont subi d'autres analyses (ECCC, 2021a) qui ont révélé que depuis la dernière fois qu'il a été mesuré, en 1998, le pourcentage de méthane dans la composition du gaz naturel a varié de 1999 à 2004. Cela a entraîné un changement progressif des paramètres et des émissions du gaz naturel de 2004 et de 2005. Pour réduire au minimum l'effet de ce changement graduel, ECCC a revu les paramètres du gaz naturel de ces années intermédiaires, soit les années 1999 à 2004, à l'aide d'une simple interpolation linéaire.

Les coefficients d'émissions des gaz à effet de serre (GES) non commercialisable pour l'Alberta (Tableau A6.1–2), dont la date varie de 1913 à 2016, ont été mis à jour à l'aide de plus de 400 000 échantillons de gaz brut, obtenus de l'Alberta Energy Regulator (AER) par le laboratoire de recherche sur l'énergie et des émissions (EERL) de l'Université de Carleton (EERL, 2020). EERL a compilé et analysé les données obtenues auprès de Petrinex (2010–2021), pour fournir les émissions moyennes des gaz par canton et une moyenne des coefficients d'émission de CO₂ annuels par province.

Le gaz naturel non marchand est produit et consommé aux installations pétrolières et gazières extracôtiers de Terre-Neuve-et-Labrador. Les coefficients d'émission de CO₂ du gaz naturel non marchand pour ces installations extracôtiers ont été dérivés à partir des données sur les émissions déclarées au Programme de déclaration des émissions de GES (ECCC, 2022b) et des volumes de combustible et de torchage déclarés par les installations à l'Office Canada-Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers (OCTNHE, 2022). Généralement, les coefficients d'émission du gaz naturel non marchand (Tableau A6.1–2) sont supérieurs à ceux des combustibles marchands (Tableau A6.1–1) en raison de leur nature brute et non transformée et du fait que les hydrocarbures complexes ne sont pas éliminés avant leur utilisation. En plus du méthane, les gaz naturels marchands et non marchands peuvent comprendre de l'éthane, du propane, du butane et d'autres hydrocarbures plus complexes.

Les coefficients d'émission de CO₂ (Tableau A6.1–4) pour les liquides de gaz naturel (LGN), comme l'éthane, le propane et le butane, ont été élaborés d'après les données de l'analyse chimique des combustibles marchands (McCann, 2000).

A6.1.1.2. Méthane (CH₄)

Les émissions de CH₄ résultant de la table des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A6.1–3 et Tableau A6.1–4) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur un vaste examen des coefficients d'émission qui se rattachent aux technologies de combustion (SGA, 2000). Le coefficient d'émission relatif à la consommation de gaz naturel par le producteur a été élaboré en fonction de l'écart des technologies dans l'industrie du pétrole et du gaz en amont (ACPP, 1999) et des coefficients d'émission propres à chaque technologie que l'on trouve dans le rapport AP 42 de l'Agence de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis (EPA, 1996a).

Tableau A6.1–1 Coefficients d'émission de CO₂ pour le gaz naturel marchand

Année	Coefficients d'émission (g/m ³) ^a													
	Canada	BC	AB	SK	MB	QC	ON	NB	NS	PE	NL	YT	NT ^b	NU
1990	1 899	1 926	1 928	1 829	1 886	1 887	1 888	1 901	1 901	1 901	1 901	1 901	2 466	I
1995	1 899	1 926	1 928	1 829	1 886	1 887	1 888	1 901	1 901	1 901	1 901	1 901	2 466	I
2000	1 895	1 918	1 923	1 839	1 880	1 880	1 881	1 884	1 884	1 884	1 884	1 900	2 466	1 900
2005	1 883	1 898	1 911	1 864	1 864	1 864	1 865	1 864	1 864	1 864	1 867	1 898	2 466	1 898
2006	1 878	1 896	1 917	1 855	1 855	1 854	1 855	1 855	1 855	1 855	1 862	1 896	2 466	1 896
2007	1 881	1 901	1 910	1 857	1 857	1 858	1 859	1 858	1 858	1 858	1 856	1 901	2 466	1 901
2008	1 887	1 906	1 910	1 863	1 863	1 865	1 865	1 864	1 864	1 864	1 860	1 906	2 466	1 906
2009	1 889	1 900	1 920	1 861	1 861	1 865	1 863	1 862	1 862	1 862	1 865	1 900	2 466	1 900
2010	1 891	1 902	1 923	1 860	1 862	1 868	1 869	1 865	1 865	1 865	1 864	1 902	2 466	1 902
2011	1 893	1 900	1 921	1 866	1 866	1 870	1 871	1 869	1 869	1 869	1 869	1 900	2 466	1 900
2012	1 905	1 899	1 931	1 874	1 873	1 882	1 888	1 880	1 880	1 880	1 873	1 899	1 899	1 899
2013	1 910	1 909	1 933	1 875	1 873	1 884	1 896	1 887	1 887	1 887	1 886	1 909	1 909	1 909
2014	1 912	1 912	1 930	1 878	1 875	1 882	1 896	1 887	1 887	1 887	1 892	1 912	1 912	1 912
2015	1 924	1 939	1 943	1 881	1 905	1 911	1 911	1 912	1 912	1 912	1 900	1 939	1 939	1 939
2016	1 932	1 941	1 954	1 897	1 896	1 907	1 915	1 908	1 908	1 908	1 914	1 941	1 941	1 941
2017	1 936	1 955	1 955	1 900	1 903	1 915	1 916	1 910	1 910	1 910	1 914	1 955	1 955	1 955
2018	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 918	1 966	1 966	1 966
2019	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2020	1 944	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 921	1 966	1 966	1 966
2021	1 945	1 966	1 962	1 920	1 915	1 926	1 921	1 919	1 919	1 919	1 919	1 966	1 966	1 966

Notes :

Le terme « marchand » s'applique au combustible consommé par les sous-secteurs Services publics, Industrie, Résidentiel, Commercial et Transports.

I = Inexistant

a. Années 1990 à 1998, McCann (2000). Années 1999 à 2021, ECCC (2021a).

b. Avant 2012, le gaz naturel consommé était du gaz naturel régional non marchand. Depuis 2012, du gaz naturel marchand est importé de la Colombie-Britannique.

A6.1.1.3. Oxyde nitreux (N₂O)

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A6.1–3 et Tableau A6.1–4) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Tableau A6.1–2 Coefficients d'émission du CO ₂ de l'Alberta pour le gaz naturel non commercialisable													
Année	Coefficients d'émission (g/m ³)												
	BC	AB ^a	SK	MB	QC	ON	NB	NS	PE	NL ^b	YT	NT	NU
1990	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	I	2 401	2 466	I
1995	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	I	2 401	2 466	I
2000	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	x	2 401	2 466	I
2005	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 299	2 401	2 466	I
2006	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 298	2 401	2 466	I
2007	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 294	2 401	2 466	I
2008	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 327	2 401	2 466	I
2009	2 162	2 080	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 309	2 401	2 466	I
2010	2 162	2 054	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 276	2 401	2 466	I
2011	2 162	2 062	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 220	2 401	2 466	I
2012	2 162	2 068	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 281	2 401	2 466	I
2013	2 162	2 071	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 272	2 401	2 466	I
2014	2 162	2 075	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 263	2 401	2 466	I
2015	2 162	2 081	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 260	2 401	2 466	I
2016	2 162	2 089	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 261	2 401	2 466	I
2017	2 162	2 093	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 250	2 401	2 466	I
2018	2 162	2 102	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 191	2 401	2 466	I
2019	2 162	2 107	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 222	2 401	2 466	I
2020	2 162	2 109	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 309	2 401	2 466	I
2021	2 162	2 109	2 441	2 401	I	2 401	2 401	2 494	I	2 202	2 401	2 466	I

Notes :

Le terme « non marchand » s'applique au gaz brut ou non traité consommé, principalement par les producteurs de gaz naturel.

I = Inexistant

x = Confidentiel

a. Adapté de l'EERL (2020) à partir des données volumétriques annuelles de Petrinex (2010-2022).

b. Dérivé à partir d'ECCC (2022a) et de l'OCTNHE (2022).

Toutes les autres provinces/territoires proviennent de McCann (2000).

Tableau A6.1–3 Coefficients d'émission du CH ₄ et du N ₂ O pour le gaz naturel		
Source	Coefficient d'émission (g/m ³) ^a	
	CH ₄	N ₂ O
Centrales électriques – services publics	0,490	0,049
Industrie	0,037	0,033
Consommation du producteur (non marchand)	6,4 ^b	0,060
Consommation du producteur (non marchand) - Terre-Neuve-et-Labrador	0,490	0,060
Pipelines	1,9	0,050
Ciment	0,037	0,034
Industries manufacturières	0,037	0,033
Résidentiel, construction, commercial et institutionnel, agriculture	0,037	0,035

Notes :

a. SGA Energy (2000)

b. Adapté de l'U.S. EPA (1996) et de l'ACPP (1999)

Tableau A6.1–4 Coefficients d'émission pour les liquides de gaz naturel

Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Propane			
Résidentiel	1515 ^a	0,027 ^b	0,108 ^b
Toutes les autres utilisations	1515 ^a	0,024 ^b	0,108 ^b
Éthane	986 ^a	0,024 ^b	0,108 ^b
Butane	1747 ^a	0,024 ^b	0,108 ^b
Notes :			
a. McCann (2000)			
b. SGA Energy (2000)			

A6.1.2. Produits pétroliers raffinés

A6.1.2.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion de combustibles fossiles dépendent essentiellement des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Des coefficients d'émission ont été élaborés pour chaque catégorie principale des produits pétroliers raffinés (PPR) selon le pouvoir calorifique, la teneur en carbone et la densité (McCann, 2000) à des fins d'harmonisation avec les *Lignes directrices 2006 du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006).

La composition du coke de pétrole dépend du procédé. Des coefficients ont été élaborés à la fois pour les cokes provenant d'unités de raffinerie (craquage catalytique) et ceux des usines de valorisation. Ces facteurs (Tableau A6.1–6) ont été élaborés à partir des données sur les émissions et le contenu fournies par l'industrie au Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC)¹. La quantité de coke consommée par les raffineries est dérivée des craqueurs catalytiques et le coefficient d'émission est une moyenne pondérée de celle du coke de pétrole et du coke des craqueurs catalytiques. Dans le secteur de la production d'électricité au Nouveau-Brunswick, le coke de pétrole est importé et mélangé au charbon avant la combustion. Les données sur la teneur en carbone propres à ce coke de pétrole importé ont été utilisées pour développer un coefficient d'émission de pétrole spécifique au secteur, utilisé uniquement au Nouveau-Brunswick. Puisque les données sont propres à chaque installation, le coefficient d'émission du coke de pétrole fourni dans le Tableau A6.1–6 est un coefficient d'émission pondéré pour le Canada.

Les coefficients d'émission pour les gaz de distillation (Tableau A6.1–6) provenant des activités de raffinage et les installations de valorisation ont également été issus des données fournies par l'industrie et rapportées par le CEEDC (2003).

A6.1.2.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A6.1–5) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Il est présumé que le coefficient d'émission pour le coke de pétrole était le même pour les cokes dérivés des craqueurs catalytiques et les cokes utilisés dans les installations de valorisation. D'après l'étude de SGA (2000), il n'existe pas de coefficient d'émission pour le gaz combustible de raffinerie (gaz de distillation).

Le coefficient d'émission pour le gaz de distillation dans les usines de valorisation (Tableau A6.1–5) est basé sur le coefficient d'émission par défaut du GIEC (2006) et adapté d'après les facteurs de conversion énergétique publiés par Statistique Canada (2014). Les coefficients d'émission pour le gaz de distillation dans les raffineries et autres industries (Tableau A6.1–8) sont basés sur le coefficient d'émission par défaut du GIEC (2006), qui a été calculé sur une base annuelle d'après les facteurs de conversion énergétique fournis par Statistique Canada (2014).

¹ Griffin, B. 2020. Communication personnelle (courriel de Griffin B, CEEDC à Tracey, K., ingénieure des programmes, DIRP, daté du 25 septembre 2020). Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions (CEEDC).

A6.1.2.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission pour les PPR, à l'exception du coke de pétrole, ont été élaborés (Tableau A6.1–5) selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Les coefficients d'émission du coke de pétrole (Tableau A6.1–7) reposent sur les coefficients d'émission de 2006 du GIEC et ont été calculés sur une base annuelle à l'aide des facteurs de conversion de l'énergie fournis par Statistique Canada (2014).

Tableau A6.1–5 Coefficients d'émission pour les produits pétroliers raffinés			
Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO ₂ ^a	CH ₄ ^b	N ₂ O ^c
Mazout léger			
Centrales électriques – services publics	2 753	0,18	0,031
Industrie	2 753	0,006	0,031
Consommation du producteur	2 670	0,006	0,031
Résidentiel	2 753	0,026	0,006
Foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	2 753	0,026	0,031
Mazout lourd			
Centrales électriques – services publics	3 156	0,034	0,064
Industrie	3 156	0,12	0,064
Consommation du producteur	3 190	0,12	0,064
Résidentiel, foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	3 156	0,057	0,064
Kérosène			
Centrales électriques	2 560 ^c	0,006	0,031
Industrie	2 560 ^c	0,006	0,031
Consommation du producteur	2 560 ^c	0,006	0,031
Résidentiel	2 560 ^c	0,026	0,006
Foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	2 560 ^c	0,026	0,031
Diesel – raffineries et autres^d	2 681	0,078	0,022
Diesel – usines de valorisation^d	2 681	0,078	0,022
Coke de pétrole	Voir Tableau A6.1–6	0,12	Voir Tableau A6.1–7
Gaz de distillation – raffineries et autres	Voir Tableau A6.1–6	Voir Tableau A6.1–8	0,00002
Gaz de distillation – usines de valorisation	Voir Tableau A6.1–6	0,000039	0,00002
Essence à moteur^e	2 307	0,100	0,02
Notes :			
a. McCann (2000); sauf le Kérosène, le Diesel et l'Essence à moteur			
b. SGA (2000); sauf le Diesel et l'Essence à moteur			
c. Coefficient d'émission présumé par McCann (2000) pour le carburéacteur			
d. CO ₂ d'ECCC (2017b); CH ₄ et N ₂ O de Oak Leaf Environmental Inc. (2017)			
e. CO ₂ d'ECCC (2017b); CH ₄ et N ₂ O adaptés du GIEC (2006)			

Tableau A6.1–6 **Coefficients d'émission du CO₂ pour le coke de pétrole et le gaz de distillation**

Année	Coefficient d'émission			
	Coke de pétrole (g/L)		Gaz de distillation (g/m ³)	
	Installations de valorisation ^a	Raffineries et autres ^b	Installations de valorisation ^a	Raffineries et autres ^b
1990	3 556	3 766	2 310	1 740
1995	3 551	3 790	2 090	1 800
2000	3 481	3 706	2 120	1 680
2005	3 494	3 767	2 140	1 707
2006	3 494	3 778	2 140	1 741
2007	3 494	3 806	2 140	1 749
2008	3 494	3 829	2 140	1 690
2009	3 494	3 836	2 140	1 711
2010	3 494	3 820	2 140	1 825
2011	3 494	3 782	2 140	1 818
2012	3 494	3 810	2 140	1 718
2013	3 494	3 778	2 140	1 738
2014	3 494	3 706	2 140	1 741
2015	3 494	3 729	2 140	1 762
2016	3 494	3 722	2 140	1 781
2017	3 494	3 742	2 140	1 796
2018	3 494	3 713	2 140	1 847
2019	3 494	3 826	2 140	1 849
2020	3 494	3 854	2 140	1 770
2021	3 494	3 877	2 140	1 755

Notes :

a. CCDEC (2003)

b. Coefficient d'émission pondéré basé sur Griffin B. 2022. Communication personnelle (courriel de Griffin B à Tracey K, Senior Program Engineer, PIRD, daté du 7 octobre 2022). Centre canadien de données sur les émissions et l'énergie, et Samms J. 2020. Communication personnelle (courriel de Samms J à Tracey K, Senior Program Engineer, PIRD daté du 8 décembre 2020).

Tableau A6.1–7 **Coefficients d'émission du N₂O pour le coke de pétrole**

	Coefficient d'émission											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001–2021
Coke de pétrole	g/m ³											
Installations de valorisation ^{a, b}	21,9	22,1	22,3	22,5	22,7	22,7	22,7	23,0	23,5	23,7	24,2	24,0
Raffineries et autres ^{a, b}	24,6	24,8	25,0	25,2	25,5	25,5	25,4	25,8	27,0	27,1	27,6	27,5

Notes :

a. Adapté du GIEC (2006)

b. Teneur énergétique de Statistique Canada (2014)

Tableau A6.1–8 Coefficients d'émission du CH₄ pour le gaz de distillation (raffineries et autres)

Année	Coefficient d'émission ^a
	g/m ³
1990–96	0,033
1997	0,032
1998	0,031
1999	0,033
2000	0,034
2001	0,034
2002	0,033
2003	0,033
2004	0,033
2005	0,032
2006	0,032
2007	0,032
2008	0,032
2009	0,032
2010	0,032
2011	0,033
2012	0,031
2013	0,031
2014	0,031
2015	0,033
2016	0,032
2017	0,033
2018–2021	0,032

Note :

a. Adapté de GIEC (2006) en utilisant le contenu énergétique tiré de Griffin B. 2019. Communication personnelle (courriel de Griffin B. à Tracey K., ingénieure principale de programmes, DIRP daté du 26 septembre 2019). Centre canadien de données sur les émissions et l'énergie.

A6.1.3. Charbon et produits du charbon

A6.1.3.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion du charbon dépendent des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion. Les coefficients d'émission du charbon (Tableau A6.1–9) ont été élaborés pour chaque province selon la qualité du charbon et la région d'approvisionnement. Ces coefficients d'émission reposent sur les données de l'analyse chimique d'échantillons de charbon destiné aux centrales électriques, activité qui représente presque toute la consommation de charbon.

Certains des coefficients pour le charbon bitumineux canadien présentés au Tableau A6.1–9 ont été élaborés d'après une analyse statistique, effectuée par ECCC (Radovan et al., 2012), de plus de 3 000 échantillons analytiques représentant une variété de types de charbon et de régions de production/consommation. L'analyse et les calculs de l'incertitude ont été réalisés au moyen du progiciel @Risk. Les coefficients d'émission pour le charbon sont accompagnés d'estimations du degré d'incertitude, car l'approvisionnement et la qualité du charbon peuvent varier avec le temps. La teneur moyenne en carbone et en humidité de chaque type de charbon a été utilisée pour élaborer les coefficients d'émission de CO₂.

Une autre étude visant à déterminer les coefficients d'oxydation du charbon propres au pays et à examiner plus en profondeur le contenu en carbone du charbon consommé par les centrales de production d'électricité a été menée en 2016 par GHD Limited au nom d'ECCC (ECCC, 2022a). À partir d'une analyse de cette étude et de celle de Radovan et al. (2012), des coefficients d'émission et d'oxydation ont été mis à jour et l'incertitude a été estimée relativement à de nombreux types de charbon. Ces calculs ont été étendus à 2021, avec les autres données qu'ECCC avait recueillies sur la teneur en carbone du charbon des centrales électriques qui n'avaient pas participé à l'étude de 2016 (ECCC, 2021b).

Tableau A6.1–9 Coefficients d'émission du CO₂ pour le charbon

Province	Type de charbon	Source	Coefficient d'émission (kg CO ₂ /tonne) ^{a, b}			Humidité (% en poids)
			Moyenne	Incertitude (IC à 95 %) ^c		
				Bas	Haut	
NL, PEI (avant 2000)	Bitumineux canadien ^b	NS	2 315	-33 %	22 %	3,2
NL, PEI (2000 et après)	Bitumineux canadien ^b	AB	2 185	-26 %	26 %	7,7
QC (avant 2000)	Bitumineux canadien ^b	NS	2 329	-33 %	22 %	3,2
QC (2000 et après)	Bitumineux canadien ^b	AB	2 198	-26 %	26 %	7,7
NS	Bitumineux canadien ^b	NS	2 329	-33 %	22 %	3,2
NB (Avant 2010)	Bitumineux canadien ^b	NB	2 319	-14 %	14 %	3,2
NB (2010, 2011, 2013, 2014)	Subbitumineux ^c	Étranger	2 185	-2 %	2 %	19
NB (2012, 2015 et après)	Subbitumineux ^c	Étranger	2 349	-2 %	2 %	12
ON, AB, SK, BC	Bitumineux canadien ^b	AB	2 198	-26 %	26 %	7,7
NB, NS, PEI, NL	Bitumineux étranger ^b	Non É.-U.	2 540	-7 %	7 %	8,3
ON, MB	Bitumineux étranger ^c	É.-U. (Pennsylvanie)	2 651	-7 %	7 %	ND
QC, AB, BC	Bitumineux étranger ^c	É.-U. (Pennsylvanie)	2 662	-7 %	7 %	ND
Toutes les provinces et les territoires, sauf en SK	Lignite ^c	SK	1 462	-13 %	13 %	24
SK	Lignite ^c	SK	1 457	-13 %	13 %	36
QC, ON, MB, NB, NS, PEI	Subbitumineux ^c	Étranger	1 865	-8 %	8 %	24
AB, SK, BC	Subbitumineux ^c	AB	1 763	-11 %	11 %	21
Toutes les provinces et les territoires	Anthracite	--	3 097	-6 %	6 %	ND

Notes :

IC = Intervalle de confiance

ND = Non disponible

a. Coefficients présentés pour le charbon « à l'état humide ». La teneur en humidité est indiquée pour le coefficient d'émission « moyen ».

b. Teneur en carbone, facteur d'oxydation et incertitude d'ECCC (2022b).

c. Intervalles de confiance de 95 %, déterminés par une analyse statistique des données sur le charbon canadien.

Tableau A6.1–10 Coefficients d'émission du CO₂ pour les produits du charbon

Produits du charbon – type de combustible	Coefficient d'émission
Gaz de four à coke ^a	687 g/m ³
Coke ^b	3 173 g/kg

Notes :

a. McCann (2000)

b. CRA (2014)

Les coefficients pour l'anthracite importé des États-Unis sont issus d'une étude complétée pour EC sur les coefficients d'émission de CO₂, à partir des données collectées sur la consommation de charbon au Canada en 1998 (McCann, 2000). Tous les coefficients d'émission relatifs au charbon au Tableau A6.1–9 incluent désormais des coefficients d'oxydation propres au Canada (ECCC, 2022a).

Les coefficients d'émission relatifs au coke et au gaz de four à coke sont présentés au Tableau A6.1–10. Le coefficient d'émission pour le coke a été élaboré d'après une étude de l'industrie de la sidérurgie achevée en 2014 (CRA, 2014). Il est représentatif de l'utilisation du coke dans le secteur du ciment, des métaux non ferreux et d'autres industries de fabrication. La valeur du coefficient d'émission pour le gaz de four à coke, quant à elle, provient de McCann (2000) et est représentative de l'utilisation dans le secteur de la sidérurgie.

A6.1.3.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A6.1–11) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

A6.1.3.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A6.1–11) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Tableau A6.1–11 Coefficients d'émission du CH ₄ et de N ₂ O pour le charbon		
Source	Coefficient d'émission	
	CH ₄	N ₂ O
	g/kg	
Charbon		
Centrales électriques – services publics	0,02	0,03
Industrie et centrales de production de chaleur et de vapeur	0,03	0,02
Résidentiel, administration publique	4,00	0,02
Coke	0,03	0,02
	g/m ³	
Gaz de four à coke	0,04	0,04
Note : Source : SGA Energy (2000)		

A6.1.4. Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille

Les coefficients du Tableau A6.1–12 sont ceux des émissions fugitives attribuables à l'exploitation de la houille seulement. Bien qu'ils soient calculés à partir de mesures prises à des mines ou dans des filons de charbon particuliers, ces coefficients d'émissions sont regroupés et pondérés, selon les moyennes provinciales pour un type de mine donné. Ces coefficients d'émission pondérés sont mis à jour chaque année pour tenir compte des changements dans la production de certains types de charbon, dans les mines individuelles. Ils doivent être appliqués aux quantités totales brutes (et non nettes) de charbon extrait qui comprennent de petites quantités de minéraux, de pierres et d'autres matières inertes extraits avec le charbon, mais retirés par la suite avant la vente ou l'utilisation.

Tableau A6.1–12 Coefficients d'émissions fugitives pour l'exploitation de la houille (t CH ₄ /kt de charbon extrait)			
Province	Type de charbon	Type de mine	Coefficient d'émission
NS	Bitumineux	à ciel ouvert	0,07
NS	Bitumineux	souterraine	14,5
SK	Lignite	à ciel ouvert	0,07
AB	Bitumineux	à ciel ouvert	0,29
AB	Bitumineux	souterraine	1,69
AB	Subbitumineux	à ciel ouvert	0,15
BC	Bitumineux	à ciel ouvert	0,93
BC	Bitumineux	souterraine	2,78
Note : Adapté de King (1994), et de Cheminfo et Clearstone Engineering Ltd (2014)			

A6.1.5. Autres combustibles

A6.1.5.1. CO₂

Les combustibles de remplacement comme les pneus, les déchets ainsi que l'huile usagée et les solvants sont utilisés dans l'industrie du ciment pour compenser la combustion des combustibles achetés comme le charbon, l'huile ou le gaz naturel. Les émissions de CO₂ attribuables à la combustion de sources fixes de combustibles résiduels sont présentées dans le Rapport d'inventaire national où les données sont disponibles. Les données sur la consommation de combustibles par l'industrie du ciment, d'après des normes de comptabilisation et de présentation de rapports des émissions de CO₂ élaborées par le World Business Council for Sustainable Development (WBSCD, 2005), ont été utilisées pour établir les coefficients d'émission du Tableau A6.1–13.

Certains déchets solides municipaux et déchets médicaux sont incinérés dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Voir l'Annexe 6.7.2 pour les coefficients d'émission associés avec ces autres combustibles.

A6.1.5.2. CH₄

Les coefficients d'émission de CH₄ pour les combustibles de remplacement sont adaptés des Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Certains déchets solides municipaux et déchets médicaux sont incinérés dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Voir l'Annexe 6.7.2 pour les coefficients d'émission associés avec ces autres combustibles.

A6.1.5.3. N₂O

Les coefficients d'émission de N₂O pour les combustibles de remplacement sont adaptés des Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006).

Certains déchets solides municipaux et déchets médicaux sont incinérés dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Voir l'Annexe 6.7.2 pour les coefficients d'émission associés avec ces autres combustibles.

Tableau A6.1–13 Coefficients d'émission pour les combustibles de remplacement														
Source/combustible	GES	Coefficient d'émission (kg/GJ)												
		1990–1994	1995–2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011–2021
Combustible résiduaire de l'industrie du ciment	CO ₂ ^a	78,8	77,6	78,6	80,6	82,6	81,5	81,2	83,8	87,7	86,3	79,2	80,1	81,5
	CH ₄ ^b	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	N ₂ O ^b	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Notes :														
a. Adapté de WBSCD (2005)														
b. Adapté du GIEC (2006)														

A6.1.6. Combustion mobile

A6.1.6.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion de sources mobiles dépendent des propriétés du combustible et sont généralement identiques à ceux qui sont utilisés pour la combustion de sources fixes des combustibles.

A6.1.6.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission de CH₄ propres à chaque usage ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada, et ils sont indiqués au Tableau A6.1–14. Ils ont été adoptés pour la première fois à la suite d'un examen des connaissances actuelles et d'une analyse des technologies de combustion. Par la suite, un certain nombre de coefficients d'émission de CH₄ des véhicules routiers ont été peaufinés à partir des résultats actualisés d'essais de contrôle des émissions réalisés au Canada et aux États-Unis (Environnement Canada, 2006, 2009; Graham et al., 2008). Les camions et véhicules légers sur route de l'année modèle 2017 et plus récents sont associés aux normes d'émissions de Niveau 3. Les coefficients d'émission de CH₄ pour les véhicules de Niveau 3 ont été établis à partir des résultats de MOVES₃ (Oak Leaf Environmental Inc., 2022). Le coefficient d'émission de CH₄ applicable aux moteurs à essence à deux temps hors route a été décomposé en composantes essence et huile lubrifiante en fonction des proportions relatives d'énergie dans le mélange essence-huile lubrifiante (ECCC, 2022c).

Plus de 50 coefficients d'émission de CH₄ pour les carburateurs propres aux types d'aéronefs, issus des Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006), sont utilisés dans le modèle des émissions de Niveau 3 de l'aviation civile (MEGASA). Le Tableau A6.1–14 présente un coefficient d'émission moyen à l'échelle nationale (voir section A3.4.2.3 pour obtenir davantage d'information sur le MEGASA).

A6.1.6.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission propres à chaque usage ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils ont été adoptés pour la première fois à la suite d'un examen des connaissances actuelles et d'une analyse des technologies de combustion. Un certain nombre de coefficients d'émission de N₂O pour les véhicules routiers ont été par la suite peaufinés à partir des résultats actualisés des essais de contrôle des émissions réalisés au Canada et aux États-Unis (Environnement Canada, 2006, 2009; Graham et al., 2008, 2009). Les camions et véhicules légers sur route de l'année modèle 2017 et plus récents sont associés aux normes d'émissions de Niveau 3. Les coefficients d'émission de N₂O pour les véhicules de Niveau 3 ont été établis à partir de résultats fondés sur la certification (Oak Leaf Environmental Inc., 2022).

Le coefficient d'émission de N₂O applicable aux moteurs à essence à deux temps hors route a été décomposé en composantes essence et huile lubrifiante en fonction des proportions relatives d'énergie dans le mélange essence-huile lubrifiante (ECCC, 2022c).

Plus particulièrement, les données d'essai mises à jour ont souligné l'incidence de l'essence à teneur élevée en soufre sur les coefficients d'émission de N₂O. Les véhicules alimentés à l'essence à teneur élevée en soufre, pour la majeure partie de leur vie utile, rejettent généralement des concentrations plus élevées de N₂O que ceux qui utilisent de l'essence à faible teneur en soufre (Environnement Canada, 2009).

Tableau A6.1–14 Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'Énergie

Usage [†]	Coefficients d'émission (g/L de combustible)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Transport routier			
Véhicules à essence			
Véhicules légers à essence (VLE)			
Niveau 3	2 307,3 ^a	0,111 ^f	0,007 ^f
Niveau 2	2 307,3 ^a	0,14 ^c	0,022 ^d
Niveau 1	2 307,3 ^a	0,23 ^e	0,47 ^e
Niveau 0	2 307,3 ^a	0,32 ^f	0,66 ^g
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 307,3 ^a	0,52 ^h	0,20 ^f
Système sans catalyseur	2 307,3 ^a	0,46 ^h	0,028 ^f
Camions légers à essence (CLE)			
Niveau 3	2 307,3 ^a	0,111 ^f	0,007
Niveau 2	2 307,3 ^a	0,14 ^c	0,022 ^d
Niveau 1	2 307,3 ^a	0,24 ^e	0,58 ^e
Niveau 0	2 307,3 ^a	0,21 ^h	0,66 ^g
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 307,3 ^a	0,43 ^h	0,20 ^f
Système sans catalyseur	2 307,3 ^a	0,56 ^f	0,028 ^f
Véhicules lourds à essence			
Catalyseur à trois voies	2 307,3 ^a	0,068 ^h	0,20 ^h
Système sans catalyseur	2 307,3 ^a	0,29 ^f	0,047 ^f
Sans dispositif	2 307,3 ^a	0,49 ^f	0,084 ^f
Motocyclettes			
Système sans catalyseur	2 307,3 ^a	0,77 ^c	0,041 ^c
Sans dispositif	2 307,3 ^a	2,3 ^f	0,048 ^f
Véhicules à moteur diesel			
Véhicules légers à moteur diesel (VLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 680,50 ^a	0,051 ^f	0,22 ^f
Dispositif à efficacité modérée	2 680,50 ^a	0,068 ^f	0,21 ^f
Sans dispositif	2 680,50 ^a	0,10 ^f	0,16 ^f
Camions légers à moteur diesel (CLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 680,50 ^a	0,068 ^f	0,22 ^f
Dispositif à efficacité modérée	2 680,50 ^a	0,068 ^f	0,21 ^f
Sans dispositif	2 680,50 ^a	0,085 ^f	0,16 ^f
Véhicules lourds à moteur diesel			
Dispositif perfectionné	2 680,50 ^a	0,11 ⁱ	0,151 ⁱ
Dispositif à efficacité modérée	2 680,50 ^a	0,14 ^f	0,082 ^f
Sans dispositif	2 680,50 ^a	0,15 ^f	0,075 ^f
Véhicules au gaz naturel	1,9 ^b	0,0088 ^f	0,00006 ^f
Véhicules au propane	1 515 ^b	0,64 ^f	0,028 ^f
Véhicules hors route			
Véhicules hors route à essence 2 temps	2 307,3 ^a	10,56 ^q	0,013 ^m
Véhicules hors route à essence 4 temps	2 307,3 ^a	5,08 ⁱ	0,064 ^m
Véhicules hors route à moteur diesel <19kW	2 680,50 ^a	0,073 ⁱ	0,022 ⁱ
Véhicules hors route à moteur diesel ≥19kW, Niveau 1 - 3	2 680,50 ^a	0,073 ⁱ	0,022
Véhicules hors route à moteur diesel ≥19kW, Niveau 4	2 680,50 ^a	0,073 ⁱ	0,227 ⁱ
Véhicules hors route à huile de graissage 2 temps	2 705,0 ^q	12,69 ^q	0,016 ⁱ
Véhicules au gaz naturel	1,9 ^b	0,0088 ^f	0,00006 ^f
Véhicules au propane	1 515 ^b	0,64 ^f	0,087 ⁱ
Transport ferroviaire			
Trains alimentés au diesel	2 680,50 ^a	0,149 ^m	1,029 ^m
Transport maritime			
Essence	2 307,3 ^a	0,21931 ^m	0,06266 ^m
Diesel	2 680,50 ^a	0,25193 ^m	0,07198 ^m
Alimentés au mazout léger	2 753 ^b	0,2555 ^m	0,073 ^m
Alimentés au mazout lourd	3 156 ^b	0,2856 ^m	0,0816 ^m
Kerosene	2 559,70 ⁿ	0,2471 ^m	0,0706 ^m
Transport aérien			
Essence d'aviation	2 325,40 ^j	2,19 ^j	0,23 ^j
Carburacteur	2 559,70 ^b	0,018 ^k	0,0711 ^m
Combustibles renouvelables			
Éthanol	1 508,04 ^{a, o}	**	**
Biodiesel	2 472,2 ^{a, o, p}	***	***

Notes :

† Dans le contexte des modes de transport, les niveaux désignent les normes de plus en plus strictes en matière d'émission, qui découlent des progrès liés aux technologies antipollution. À ne pas confondre avec les méthodes d'estimation des GES du GIEC.

* Les coefficients pour les véhicules à diesel dotés de système perfectionné sont utilisés pour le parc de véhicules de Niveau 2.

** Les coefficients d'émission pour le CH₄ et le N₂O des moteurs à essence (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour l'éthanol.

*** Les coefficients d'émission pour le CH₄ et le N₂O des moteurs diesel (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour le biodiesel.

a. ECCC (2017b)

b. McCann (2000)

c. Adapté d'Environnement Canada (2006)

d. Adapté d'Environnement Canada (2006) et de Graham et al. (2009)

e. Adapté d'Environnement Canada (2009)

f. SGA Energy (2000)

g. Adapté de Barton & Simpson (1994)

h. ICF Consulting (2004)

i. Graham et al. (2008)

j. Jaques (1992)

k. Moyenne globale nationale du coefficient d'émission pour l'ensemble de la série chronologique basée sur les Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Voir la section A3.1.4.2.3 de l'Annexe 3.1 pour obtenir davantage d'information.

l. Oak Leaf Environmental Inc (2017)

m. GIEC (2006). Converti en g/L en utilisant le pouvoir calorifique brut si nécessaire.

n. Coefficient d'émission présumé par McCann (2000) pour le carburacteur.

o. Voir la section 3.5.1 du Chapitre 3 pour davantage d'information.

p. BioMer (2005)

q. ECCC (2022c)

r. Oak Leaf Environmental Inc. (2022)

A6.2. Procédés industriels

A6.2.1. Produits minéraux

Les coefficients d'émission utilisés pour estimer les émissions provenant de la production et de l'utilisation de produits minéraux sont présentés au Tableau A6.2-1.

Tableau A6.2-1 Étendue des coefficients d'émission du CO ₂ pour les produits minéraux		
Catégories	Produit minéral	Coefficient d'émission (g CO ₂ /kg de produit minéral)
Production de ciment	Clinker	520-533 ^a
	Carbone organique totale (COT)	10,6-12,2 ^a
Production de chaux	Chaux à forte teneur en calcium	751-756 ^b
	Chaux dolomitique	869-889 ^b
Autres utilisations de calcaire et de dolomite	Calcaire	418 ^c
	Dolomite	468 ^c
Autres utilisations de carbonate de sodium	Carbonate de sodium	415 ^c
Production de magnésite non métallurgique	Magnésite	522 ^c
Notes :		
a. Éventail d'émission spécifiques à l'année fournie par l'Association canadienne du ciment (2015) et ECCC (2022).		
b. Éventail de coefficients d'émission spécifiques à l'année, élaborée sur la base des informations fournies par le Canadian Lime Institute (CLI) (2008) et ECCC (2022).		
c. AMEC Earth & Environmental (2006)		

A6.2.2. Industrie des produits chimiques

Les Tableau A6.2-2, Tableau A6.2-3, Tableau A6.2-4 et Tableau A6.2-5 présentent les coefficients d'émission utilisés pour les catégories du sous-secteur de l'industrie chimique ainsi que les sources à partir desquelles ils ont été obtenus.

Tableau A6.2-2 Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac			
	Facteur de conversion ammoniac / matière première ^a m ³ gaz naturel/tonne de NH ₃	Coefficient d'émission CO ₂ /m ³ de gaz naturel	Coefficient de récupération des émissions g CO ₂ / kg d'urée
Production d'ammoniac	671	Les coefficients d'émission du gaz naturel marchand sont utilisés (présentés au Tableau A6.1-1).	728
Note :			
a. Des coefficients pour les combustibles spécifiques à l'installation sont utilisés et sont confidentiels.			

Tableau A6.2-3 Coefficients d'émission du N ₂ O pour la production d'acide nitrique et d'acide adipique		
Catégorie	Description du processus	Coefficient d'émission de N ₂ O (kg N ₂ O / t produit)
Production d'acide nitrique ^a	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur en 2021	0,852
Production d'acide adipique	Réaction d'oxydation du mélange de cyclohexanone et de cyclohexanol sans assainissement du N ₂ O	300 ^b
Notes :		
a. Les facteurs d'émission pour les types de procédés de production d'acide nitrique et les technologies de réduction des émissions sont confidentiels, ou pourraient exposer des données d'activité confidentielles.		
b. GIEC (2000)		

Tableau A6.2-4 Coefficients d'émission pour les produits pétrochimiques

Produit pétrochimique	Coefficient d'émission	Type
Carbure de silicium	11,6 kg CH ₄ / t (tonne) produit	Valeur par défaut du GIEC ^a
Carbure de calcium	4,8 kg CH ₄ / t produit	Obtenu à partir des coefficients d'émission du CH ₄ pour le carbure de silicium et le ratio des coefficients d'émission par défaut du GIEC du CO ₂ pour le carbure de calcium et le carbure de silicium (i.e. 11.6 (kg CH ₄ / t SiC) * (1.09 tCO ₂ / tCaC ₂ / 2.62 tCO ₂ / tSiC)
Noir de carbone	1,29 kg CH ₄ / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^b
	0,032 kg N ₂ O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^b
Éthylène	0,039 kg CH ₄ / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^b
	0,0055 kg N ₂ O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^b
	0,411 t CO ₂ / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^c
Bichloroéthane	0,0142 kg CH ₄ / t produit	Valeur par défaut du GIEC ^d
Oxyde d'éthylène	0,5202 t CO ₂ / t produit	Moyenne à l'échelle du secteur ^b
	1,79 kg CH ₄ / t produit	Valeur par défaut du GIEC ^d
Styrène	4 kg CH ₄ / t produit	Valeur par défaut du GIEC ^a
Méthanol	0,031 kg CH ₄ / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^b
	0,010 kg N ₂ O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^b
	0,790 t CO ₂ / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur ^c
Autres utilisations de l'urée	0,733 t CO ₂ / t produit utilisé	Valeur par défaut du GIEC ^d

Notes :

a. Valeur par défaut provenant de GIEC/OCDE/AIE (1997)

b. Cheminfo Services (2010)

c. Cheminfo Services (2015); les coefficients d'émission peuvent varier si des changements sont apportés à la composition des matières premières.

d. GIEC (2006)

Tableau A6.2-5 Coefficients d'émission pour les sous-produits de la production de composés fluorés

Processus	Coefficient d'émission
Production de HCFC-22	0,04 t HFC-23 rejetée / t HCFC-22 produite ^a

Note :

a. GIEC (2006)

A6.2.3. Production de métaux

La gamme de coefficients d'émissions pour le coke métallurgique ainsi que d'autres paramètres utilisés pour l'estimation des émissions du secteur Sidérurgie sont présentés au Tableau A6.2-6, Tableau A6.2-7 et au Tableau A6.2-8.

Le Tableau A6.2-8 présente les coefficients d'émission de niveau 1 pour la catégorie de la production d'aluminium et les sources à partir desquelles ils ont été obtenus.

Tableau A6.2-6 Coefficients d'émission du CO₂ pour l'industrie de la sidérurgie

Paramètre	Coefficient d'émission	Unité
Réduction du minerai de fer par du coke	3,1–3,3 ^a	t CO ₂ / t (tonne) de coke utilisé
Consommation des électrodes des FEA	4,5–7,9 ^b	kg CO ₂ / t d'acier
Consommation des électrodes des CBO	0,2–0,9 ^b	kg CO ₂ / t d'acier
Utilisation de calcaire	418 ^c	CO ₂ / kg CaO ₃
Utilisation de dolomite	468 ^c	CO ₂ / kg MgCO ₃

Notes :

a. Coefficients d'émission annuels fournis par Cheminfo Services (2010) et ECCC (2022).

b. Fourni par l'Association canadienne des producteurs d'acier et ECCC (2022). Chan K. (2009). Communication personnelle (courriel de K. Chan à M. Pagé, Environnement Canada, daté du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.

c. AMEC Earth & Environmental (2006)

Tableau A6.2-7 Teneur en carbone pour l'industrie sidérurgique

Paramètre	Teneur en carbone (%) ^a
Fonte brute (production) des usines équipées de hauts fourneaux et des usines de fer par réduction directe (FRD)	3,9–4,7
Fonte brute (y compris le métal chaud, la fonte froide, le FRD et la fonte brute) pour la production d'acier	3,2–3,9
Acier brut produit dans des CBO	0,1–0,13
Acier brut produit dans des FEA	0,14–0,34
Mitrailles d'acier	0,1–0,8

Note :

a. Valeurs de l'ACPA (2009) et d'ECCC (2022).

Tableau A6.2-8 Coefficients d'émission de niveau 1 pour la production d'aluminium

Type de technologie de la cellule	Coefficients d'émission ^a (kg / t produit)		
	CO ₂	Tétrafluorure de carbone (CF ₄)	Hexafluorure de carbone (C ₂ F ₆)
Anode précurée du côté de la cellule	1 600	1,6	0,4
Anode précurée du centre de la cellule	1 600	0,4	0,04
Söderberg – Gougeon horizontal	1 700	0,4	0,03
Söderberg – Gougeon vertical	1 700	0,8	0,04

Note :

Source des données : International Aluminium Institute (IAI) (2006)

A6.2.4. Produits non énergétiques provenant de combustibles et de l'utilisation de solvant

L'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières ou à d'autres fins non énergétiques peut entraîner des émissions au cours de la vie des produits manufacturés. Pour estimer les émissions de CO₂ attribuables à l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques, un coefficient d'émission de 38 g de CO₂/m³ a été utilisé. Ce coefficient d'émission exclut l'utilisation de gaz naturel comme matière première pour produire de l'ammoniac; il est basé sur les données concernant l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques qui proviennent de l'étude réalisée en 2005 par Cheminfo (Cheminfo Services, 2005).

Le Tableau A6.2-9 indique les coefficients d'émission employés pour estimer les émissions de CO₂ résultant respectivement de l'utilisation des liquides de gaz naturel à des fins non énergétiques et des produits pétroliers non énergétiques. Les coefficients d'émission pour le coke de pétrole utilisé à des fins non énergétiques se trouvent au Tableau A6.1-5. La valeur du coefficient d'émission de 2011 des installations de valorisation du Tableau A6.1-5 ont été utilisées pour les séries chronologiques de l'Ontario ainsi que pour les Raffineries et Autres installations des autres provinces. Le Tableau A6.1-8 présente les coefficients d'émissions du charbon utilisé à des fins non énergétiques.

Tableau A6.2-9 Coefficients d'émission du CO₂ pour l'utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques

Produit	Fraction de carbone stocké dans les produits	Coefficient d'émission de CO ₂ (g CO ₂ / L)
Liquides du gaz naturel		
Propane	0,8 ^a	303 ^b
Butane	0,8 ^a	349 ^b
Éthane	0,8 ^a	197 ^b
Produits pétroliers		
Matières premières pétrochimiques ^d	0,8 ^a	500 ^d
Naphtes ^e	0,75 ^a	625 ^d
Graisses et huiles de lubrification ^f	0,2 ^g	2 260 ^d
Pétrole utilisé pour d'autres produits ^g	0,5 ^a	1 450 ^d

Notes :

a. GIEC/OCDE/AIE (1997)

b. McCann (2000)

c. GIEC (2006)

d. Le coefficient de carbone pour les matières premières pétrochimiques est de 680 g C/L (Jaques, 1992).

e. Le coefficient de carbone pour les naphthes est de 680 g C/L (Jaques, 1992).

f. Le coefficient de carbone pour les graisses et huiles de lubrification est de 770g C/L (Jaques, 1992).

g. Le coefficient de carbone pour le pétrole utilisé dans d'autres produits est de 790 g C/L (Jaques, 1992).

h. Le coefficient d'émission de CO₂ résultant est calculé en multipliant le coefficient de carbone pour chaque produit par le rapport entre le poids moléculaire du CO₂ et celui du carbone (44/12) et par (1 fraction de carbone stocké dans les produits).

A6.2.5. Industrie électronique

L'utilisation de perfluorocarbures (PFC), d'hexafluorure de soufre (SF₆) et de trifluorure d'azote (NF₃) dans la fabrication de circuits intégrés ou de semiconducteurs, dans les essais en environnement électrique, dans les essais en fuites grossières et dans les essais de chocs thermiques produit des émissions des gaz sources utilisés. L'utilisation de PFC et de NF₃ dans l'industrie de la fabrication de circuits intégrés ou de semiconducteurs peut aussi produire des émissions de sous-produits des PFC. Le Tableau A6.2-10 présente les coefficients d'émission de l'utilisation de PFC, de SF₆ et de NF₃ dans l'industrie électronique.

Tableau A6.2-10 Coefficients d'émission pour l'utilisation des PFC, SF₆ et NF₃ dans l'industrie électronique

Application	Source de GES	Niveau du GIEC	Taux d'émission (%) ^a	Taux d'émission de sous-produit
Fabrication de circuits intégrés ou de semiconducteurs ^b	CF ₄	T2A	90	ND
	CF ₄	T2B – CVD	90	ND
	CF ₄	T2B – Gravure	70	ND
	C ₂ F ₆	T2A	60	0,2 kg CF ₄ / kg C ₂ F ₆
	C ₂ F ₆	T2B – CVD	60	0,1 kg CF ₄ / kg C ₂ F ₆
	C ₂ F ₆	T2B – Gravure	40	0,4 kg CF ₄ / kg C ₂ F ₆
	c-C ₄ F ₈	T2A	10	0,1 kg CF ₄ / kg c-C ₄ F ₈ , 0,1 kg C ₂ F ₆ / kg c-C ₄ F ₈
	c-C ₄ F ₈	T2B – Gravure	20	0,2 kg CF ₄ / kg c-C ₄ F ₈ , 0,1 kg C ₂ F ₆ / kg c-C ₄ F ₈
	SF ₆	T2A	20	ND
	NF ₃	T2A	20	0,09 kg CF ₄ / kg NF ₃
Autres applications émissives	NF ₃	T2B – Gravure	20	ND
	PFCs	T2	50 % la première année / 50 % la deuxième année	ND

Notes :

ND = Non disponible

a. GIEC (2006)

b. Lorsqu'elles sont disponibles, des valeurs confidentielles propres à l'entreprise/au gaz/au procédé sont utilisées pour la fraction du volume de gaz utilisée dans les types de procédés avec un contrôle des émissions.

A6.2.6. Utilisations de produits comme substituts de substances appauvrissant l'ozone

L'utilisation d'halocarbures dans divers secteurs, comme ceux de la climatisation, de la réfrigération, des aérosols, de l'injection de mousse, des solvants et de l'extinction des incendies, entraîne des émissions d'hydrofluorocarbures (HFC) et de PFC.

Les Tableau A6.2–11 et Tableau A6.2–12 présentent, respectivement, les taux d'émission utilisés pour estimer les émissions d'HFC et de PFC.

Tableau A6.2–11 Les HFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) — coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%)				
Application/Sous-Application	Assemblage ^a	En service ^b	Fin de vie ^c	Durée de vie (années)
Aérosols ^d	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Agents d'expansion des mousses^d				
Mousses à cellules ouvertes	100	-	-	-
Mousses à cellules fermées	10	4,5	100	23
Conditionnement d'air (équipements fabriqués au Canada)^e				
Unités de conditionnement d'air dans les véhicules motorisés	0,5	10	75	13
Refroidisseurs (centrifuge ou à mouvement alternatif [préciser])	1	4,7	5	17
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)	1	4	20	17
Conditionnement d'air (fabriqués ailleurs)^e				
Unités de conditionnement d'air dans les véhicules motorisés	-	10	75	13
Refroidisseurs (centrifuge ou à mouvement alternatif [préciser])	-	4,7	5	17
Résidentiel (climatiseurs, déshumidificateurs, etc.)	-	4	20	17
Réfrigération (équipements fabriqués au Canada)^e				
Transport commercial	1	15	30	13
Commercial et institutionnel (aliments au détail, distributrices, etc.)	1	10	30	17
Industriel (entrepôts, équipement de procédé, etc.)	1	10	30	17
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)	0,6	0,5	30	15
Autre équipement (préciser)	1,0	10,8	30	15
Réfrigération (fabriqués ailleurs)^e				
Transport commercial	-	15	30	13
Commercial et institutionnel (aliments au détail, distributrices, etc.)	-	10	30	17
Industriel (entrepôts, équipement de procédé, etc.)	-	10	30	17
Résidentiel (congélateurs, réfrigérateurs)	-	0,5	30	15
Autre équipement (préciser)	-	10,1	30	15
Solvants^d				
	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Lutte contre les incendies / systèmes d'extinction^d				
Systèmes portables (mobiles)	-	4	5	18
Systèmes d'extinction par saturation (fixes)	-	2	5	18
Divers^d				
	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Autre (préciser)^d				
	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2
Notes :				
a. Pourcentage de perte des HFC chargés dans les nouveaux équipements.				
b. Pourcentage de la banque de HFC émise (par application) pendant le fonctionnement.				
c. Pourcentage de la banque de HFC émise (par application) au moment du démantèlement.				
d. GIEC (2006)				
e. Environnement Canada (2015)				

Tableau A6.2–12 **Les PFC comme substituts de substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) – coefficients d'émission à l'assemblage, en service et en fin de vie (%)**

Application/sous-application	Assemblage ^a	En service ^b	Fin de vie ^c	Durée de vie (années)
Air climatisation				
Climatisation mobile	0,35	15	100	12
Climatisation résidentielle et commerciale, y compris les pompes à chaleur	0,6	5,5	100	15
Agents de l'expansion des mousses				
Expansion des mousses – cellules fermées	45	0,75% du montant initial	100 (43,75% du montant initial)	15
Réfrigération				
Réfrigération industrielle, y compris la transformation des aliments et l'entreposage frigorifique	1,75	16	100	15
Réfrigération commerciale moyenne et grande	1,75	22,5	100	15
Solvants	-	50 % la première année / 50 % la deuxième année	-	2

Notes :

a. Pourcentage des pertes de PFC aux nouveaux équipements.

b. Pourcentage annuel de libération de PFC (par application) pendant l'exploitation.

c. Pourcentage de libération de PFC (par application) lors de l'élimination.

Source : GIEC (2006)

A6.3. Fabrication et utilisation d'autres produits

L'utilisation du N₂O comme anesthésique et agent propulseur produit des émissions de N₂O. Les coefficients d'émission utilisés sont présentés au Tableau A6.3–1.

L'utilisation de perfluorocarbure (PFC) dans les applications confinées (comme isolant électrique et fluide de refroidissement diélectrique) entraîne des émissions de PFC. Les coefficients d'émission utilisés pour les applications confinées sont présentés au Tableau A6.3–2.

Tableau A6.3–1 **Coefficients d'émission pour l'utilisation de N₂O (comme anesthésique et comme agent propulseur)**

Produit	Application	Taux d'émission de N ₂ O (%)
Utilisation du N ₂ O	comme anesthésique	100
	comme agent propulseur	100

Note : Source : GIEC (2006)

Tableau A6.3–2 **Coefficients d'émission pour les émissions de PFC provenant des autres applications confinées**

Processus	Émissions de PFC pour les autres applications confinées
Assemblage	1 % de la charge
Taux de fuite annuel	2 % du stock
Élimination	100 % du stock restant
Durée de vie	15 ans

Note : Source : GIEC (2000)

L'utilisation de fluide d'échappement diesel (FED) à base d'urée dans les véhicules munis de systèmes de réduction catalytique sélective (RCS) produit des émissions de CO₂, dont le taux d'émission dépend de la pureté de l'urée dans le FED ainsi que du taux de dosage d'urée par rapport à la consommation de diesel, comme l'indique le Tableau A6.3–3.

Tableau A6.3–3 Coefficients d'émission pour l'utilisation d'urée dans les véhicules à RCS		
Produit	Pureté du FED	Taux de dosage
Utilisation d'urée dans les véhicules à RCS	32,50 %	2 % de la consommation de diesel
Note : Source : GIEC (2006)		

A6.4. Agriculture

Les sources agricoles de GES sont la fermentation entérique, la gestion des fumiers, le brûlage au champ des résidus agricoles, les sols agricoles (y compris les émissions d'oxyde nitreux provenant de la minéralisation / immobilisation associées à la perte / au gain de matière organique du sol) et l'utilisation agricole de chaux, d'urée et d'autres engrais carbonés. Les sources les plus importantes utilisent des méthodologies de niveau 2 propres à chaque pays. Les émissions de CO₂ provenant du chaulage, de l'application d'urée et d'autres engrais contenant du carbone (C) sont calculées en fonction de la quantité totale de carbone contenue dans ces produits. Les émissions d'ammoniac provenant de l'épandage d'azote (N) synthétique sont estimées au moyen d'une méthode de modélisation propre au pays, comme il est mentionné à l'Annexe 3.4. Enfin, les émissions indirectes découlant de la volatisation de l'ammoniac et du lessivage de l'azote sont calculées d'après les coefficients d'émission par défaut du GIEC fournis dans le Tableau A6.4–27.

Ces coefficients d'émission pour le secteur de l'agriculture calculés avec des méthodes propres au pays sont décrits en détail à l'Annexe 3.4. Dans la plupart des cas, les coefficients d'émission annuels par gaz présentés dans cette annexe représentent une moyenne globale pondérée, qui comprend plusieurs facteurs sous-jacents qui influent sur les taux régionaux d'émission. Les émissions estimatives sont calculées à l'aide de coefficients d'émissions précis, comme décrites à l'Annexe 3.4. En ce qui concerne la fermentation entérique en provenance du bétail, les coefficients d'émission nationaux pondérés et les méthodes utilisées pour produire les coefficients d'émission sont présentés à la section A3.4.2.1. Dans le cas des émissions de CH₄ en provenance de la gestion des fumiers, les méthodes utilisées pour produire les coefficients d'émission sont présentées à la section A3.4.3, et les coefficients d'émission nationaux pondérés sont présentés à la section A3.4.3.5. Pour les émissions de N₂O en provenance de la gestion des fumiers, les méthodes utilisées pour calculer les émissions directes et indirectes de N₂O sont décrites aux sections A3.4.4.1 et A3.4.4.2, respectivement. Enfin, les méthodes employées pour générer les coefficients d'émissions de N₂O pour les émissions directes en provenance des sols agricoles et des pâturages, libres et enclos (PLE), sont décrites à la section A3.4.5.1. Les bovins sont décrits en utilisant une approche conforme à la soumission des tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR)². Pour la fermentation entérique, les bovins laitiers ne comprennent que les vaches laitières, tandis que pour la gestion du fumier et les PLE, les bovins laitiers incluent les vaches laitières et les génisses laitières.

Une compilation des coefficients d'émission pour l'agriculture est présenté aux Tableau A6.4–1 à Tableau A6.4–29.

2 Les tableaux du CUPR de 2021 pour le Canada sont accessibles en ligne à : <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2021>.

A6.4.1. Fermentation entérique

Tableau A6.4–1 Coefficients d'émission (CE) du CH ₄ pour la fermentation entérique chez les bovins, de 1990 à 2021								
Année	CE _{(FE)T} (kg CH ₄ animal ⁻¹ an ⁻¹) ^a							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage ^b	Bouvillons ^b	Veaux
1990	115,4	79,4	108,0	105,9	82,5	44,7	41,4	43,8
1995	119,1	78,6	117,2	112,1	85,9	48,8	43,6	43,8
2000	125,4	78,0	121,0	117,5	89,4	53,0	47,8	43,8
2005	125,0	77,2	119,9	114,4	87,0	52,8	46,0	43,6
2010	128,6	76,8	128,5	115,2	87,8	52,8	47,0	43,7
2015	135,2	76,7	127,5	120,0	90,7	53,8	48,8	43,8
2016	137,5	76,7	128,0	121,3	91,6	53,9	48,8	43,8
2017	138,1	76,7	130,2	120,9	91,4	53,7	48,4	43,8
2018	139,6	76,7	125,5	120,6	91,4	54,0	48,7	43,9
2019	142,1	76,7	124,2	120,4	91,2	54,2	49,3	43,8
2020	142,9	76,7	124,2	120,5	91,3	54,2	49,6	43,9
2021	145,3	76,7	127,6	120,0	90,9	54,2	49,7	43,9

Notes :

a. Les coefficients d'émissions entériques sont dérivés de Boadi et al. (2004b), et modifiées afin de prendre en compte les tendances de la production laitière des vaches laitières et des poids de carcasses pour plusieurs catégories de bovins de boucherie.

b. Valeurs exprimées en kg animal⁻¹ an⁻¹; par contre, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

Tableau A6.4–2 **Coefficients d'émission (CE) du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines**

Catégories autres que les bovins	CE attribuables à la fermentation entérique ^a (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)
Porcins	
Verrats	1,5
Truies	1,5
Porcs < 20 kg	1,5
Porcs 20–60 kg	1,5
Porcs > 60 kg	1,5
Autres animaux d'élevage	
Moutons	8
Agneaux	8
Chèvres	5
Chevaux	18
Bisons	55
Lamas et alpacas	8
Wapitis et cerfs	20
Sangliers	1,5
Renards	ND
Visons	ND
Lapins	ND
Mules et ânes	10
Volailles	
Poulets	ND
Poules	ND
Dindes	ND
Notes :	
ND = Non disponible	
a. Source des données : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.10)	

A6.4.2. Gestion du fumier

Tableau A6.4–3 **Potentiel de production maximale de méthane (B₀) par catégorie animale**

Catégorie animale	Potentiel de production maximale de CH ₄ (B ₀) (m ³ kg ⁻¹ SV)
Bovins laitiers ^a	0,24
Bovins non laitiers ^b	0,19
Moutons	0,19
Chèvres	0,18
Chevaux	0,3
Porcs	0,48
Poules	0,39
Poules à griller	0,36
Dindes	0,36
Notes :	
SV = Solides volatiles	
a. Les bovins laitiers comprennent les vaches laitières et les génisses laitières.	
b. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.	
Source des données : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A-5 to 10A-9)	

Tableau A6.4–4 **Facteurs de conversion en méthane (FCM) par catégorie animale et système de gestion des fumiers**

Catégories animales	Systèmes liquides (FCM _L)	Stockage du fumier solide et sec (FCM _{SFSS})	Pâturages, grands parcours et enclos (FCM _{PGE})	Autres systèmes (MCF _{AS})
Bovins non laitiers ^a	0,2	0,02	0,01	0,01
Volailles	0,2	0,015	0,015	0,015
Chevaux	S.O.	0,01	0,01	0,01
Chèvres	S.O.	0,01	0,01	S.O.
Moutons	0,2	0,01	0,01	0,01
Agneaux	0,2	0,01	0,01	0,01

Notes :

S.O. = Sans objet

a. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.

Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A-5 à 10A-9 – climat frais, température annuelle moyenne de 12 °C)

Tableau A6.4–5 **Facteurs de conversion du méthane (FCM) pour les bovins laitiers et les porcs**

Système de gestion du fumier	Sous-système de gestion du fumier	Formation de croûtes	FCM
Liquide	Fosse	Sans croûte	0,2
	Fosse	Avec croûte	0,13
	Réservoir	Sans croûte	0,2
	Réservoir	Avec croûte	0,13
	Plancher latté	S.O.	0,2
Solide	Air d'exercice	S.O.	0,01
	Litière	S.O.	0,01
	Empilement	S.O.	0,02
Compost		S.O.	0,005
Pâturages, grands parcours et enclos		S.O.	0,01
		S.O.	0,01

Notes :

S.O. = Sans objet

Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.17 – (climat froid, température annuelle moyenne 12°C)

Tableau A6.4–6 **Coefficients d'émission (CE) pour estimer les émissions de CH₄ issues de la gestion des fumiers des différentes sous-catégories de bovins, de 1990 à 2021**

Année	Coefficients d'émission CE _{(MM)T} (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)							
	Vaches laitières	Génisses laitières ^a	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage ^b	Bouvillons ^b	Veaux
1990	13	8	4,5	4,1	3,2	1,9	1,8	2,2
1995	15	9	4,7	4,3	3,2	2,0	1,9	2,1
2000	20	11	4,7	4,5	3,3	2,1	1,9	2,3
2005	26	12	4,6	4,3	3,1	2,1	1,9	2,4
2010	33	15	5,0	4,4	3,1	2,1	2,0	2,8
2011	35	16	5,0	4,4	3,1	2,1	2,0	2,9
2012	35	16	5,0	4,4	3,1	2,1	2,0	2,9
2013	36	16	4,5	4,3	3,1	2,1	2,0	2,8
2014	36	17	4,7	4,4	3,1	2,1	2,0	2,9
2015	37	17	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2016	37	17	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2017	38	17	5,0	4,5	3,2	2,1	2,0	2,9
2018	38	17	4,8	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2019	39	17	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2020	39	17	4,7	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9
2021	39	17	4,9	4,5	3,2	2,2	2,0	2,9

Notes :

a. Dans le cas des génisses laitières, les coefficients d'émission ont été estimés à l'aide des mêmes B₀, FCM et systèmes de gestion des fumiers que pour les vaches laitières.b. Inscrit en kg animal⁻¹ année⁻¹, mais les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

Tableau A6.4-7 **Coefficients d'émission (CE) pour estimer les émissions de CH₄ issues de la gestion des fumiers des différentes sous-catégories de porcs, de 1990 à 2021**

Année	CE _{(MM)T} (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)				
	Verrats	Truies	Porcs (< 20 kg)	Porcs (20-60 kg)	Porcs (> 60 kg)
1990	7,0	7,3	2,2	4,5	8,3
1995	7,0	7,2	2,2	4,5	8,4
2000	7,0	7,2	2,2	4,5	8,5
2005	7,0	7,1	2,2	4,4	8,5
2010	7,0	7,0	2,2	4,4	8,7
2011	7,0	7,0	2,1	4,3	8,7
2012	7,0	7,0	2,1	4,3	8,8
2013	7,0	7,0	2,1	4,3	8,9
2014	7,0	7,0	2,1	4,4	8,9
2015	7,0	7,0	2,2	4,3	9,0
2016	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2017	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2018	7,0	7,0	2,1	4,3	9,1
2019	7,0	7,0	2,2	4,3	9,2
2020	7,0	7,0	2,2	4,3	9,3
2021	7,0	7,0	2,1	4,3	9,4

Tableau A6.4-8 **Coefficients d'émission (CE) du CH₄ pour la gestion des fumiers d'animaux autres que les bovins, 2021**

Catégories d'animaux autres que les bovins	Coefficients d'émission pour la gestion des fumiers CE _(MM) (kg CH ₄ animal ⁻¹ année ⁻¹)
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,33
Agneaux	0,22
Chèvres	0,32
Chevaux	2,6
Bisons	2,1
Élans et chevreuils	0,22
Sangliersa	0,56
Renards	0,68
Visons	0,68
Lapins	0,08
Mules et ânes	0,76
Volaille	
Poulets	0,03
Poules	0,11
Dindes	0,10
Note :	
a. Coefficient d'émissions basé sur les SV établis pour les porcs, dans l'hypothèse de 100 % de fumiers solides.	

Tableau A6.4–9 **Coefficients d'émission pour les bovins laitiers et les porcs pour la perte d'azote (N) du fumier sous forme de N₂O-N par les systèmes de gestion des déchets animal**

Système de gestion du fumier	Sous-système de gestion du fumier	Formation de croûtes	Coefficient d'émission
Liquide	Fosse	Sans croûte	0
	Fosse	Avec croûte	0,005
	Réservoir	Sans croûte	0
	Réservoir	Avec croûte	0,005
	Plancher latté	S.O.	0,002
Solide	Air d'exercice	S.O.	0,02
	Litière	S.O.	0,02
	Empilement	S.O.	0,005
Autre	Compost	S.O.	0,01

Notes :

S.O. = Sans objet

Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.21)

Tableau A6.4–10 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O-N, par catégorie animale et par les systèmes de gestion des déchets animal**

	Systèmes liquides (CE _L)	Stockage du fumier solide et sec (CE _{SFSS})	Autres systèmes (CE _{AS})
Bovins non laitiers	0,001	0,02	0,005
Vollailles	0,001	0,02	0,005
Moutons et agneaux	0,001	0,02	0,005
Chèvres	0,001	0,02	0,005
Chevaux	0,001	0,02	0,005
Mules et ânes	0,001	0,02	0,005
Buffles	0,001	0,02	0,005

Note :

Source : GIEC (2006) (Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Tableau 10.21)

Tableau A6.4–11 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O, pendant l'entreposage de fumier de bovins et de porcs**

	CE (g N ₂ O animal ⁻¹ année ⁻¹)				
	1990	2005	2015	2020	2021
Bovins^a					
Vaches laitières ^b	1 268	1 128	930	917	927
Vaches de boucherie	862	999	1 093	1 102	1 094
Taureaux	1 305	1 495	1 641	1 575	1 634
Génisses laitières ^b	938	906	745	751	752
Génisses de boucherie	680	769	838	843	837
Génisses pour l'abattage	320	425	458	467	466
Bouvillons	336	426	468	481	483
Veaux	382	383	382	382	383
Porcs^c					
Truies	74	29	24	24	24
Verrats	95	58	58	57	57
Porcs (<20 kg)	6	2	2	2	2
Porcs (20-60 kg)	26	12	10	9	9
Porcs (>60 kg)	52	25	22	22	23

Notes :

- a. Les coefficients d'émission sont estimés à partir de l'information dans Boadi et al. (2004), Marinier et al. (2004) et (2005) et les coefficients par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC. L'origine des coefficients d'émission de Niveau 2 est expliqué à l'Annexe 3.4 du RIN.
- b. Pour les vaches laitières et les génisses, les taux d'excrétion de l'azote sont estimés à partir de l'information sur les rations alimentaires de Lactanet, et les pratiques d'entreposage du fumier extrait du sondage sur la gestion agricole décrit à l'Annexe 3.4 du RIN.
- c. Pour les porcs, les taux d'excrétion de l'azote sont calculés à l'aide des paramètres par défaut du GIEC et de la série chronologie de la masse animale propre au pays, et les pratiques d'entreposage de fumier sont tirées d'enquêtes sur la gestion des exploitations agricoles, comme il est décrit à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–12 **Coefficients d'émission (CE) de 2021 pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O, pendant l'entreposage de fumier d'animaux autres que les bovins et les porcs**

Catégories autres que celle des bovins	Coefficient d'émission (CE) ^a (g N ₂ O animal ⁻¹ année ⁻¹)
Volaille	
Dindes	54
Poules	13
Poulette	6
Poulet	11
Autres animaux d'élevage	
Moutons	44
Chèvres	135
Bisons	990
Cheveaux	486
Lamas et alpacas	163
Agneaux	43
Chevreaux	222
Wapitis	210
Sangliers	280
Lapins	149
Visons	95
Renard	250
Mules et ânes	265

Note :

- a. Les coefficients d'émission sont estimés à partir de l'information dans Marinier et al. (2004) et (2005) et des coefficients par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC. Le calcul des coefficients d'émission de Niveau 2 est expliqué dans l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–13 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) de fumier de bovins et de porcs, sous forme de N₂O, attribuables à la volatilisation et au lessivage pendant l'entreposage**

	CE (g N ₂ O animal ⁻¹ année ⁻¹)				
	1990	2005	2015	2020	2021
Volatilisation^a					
Vaches laitières	261	264	218	212	214
Vaches de boucherie	98	105	113	112	110
Taureaux	162	162	173	162	165
Génisse laitières	197	188	152	150	150
Génisses de boucherie	86	83	89	87	85
Génisse pour l'abattage	48	48	54	54	54
Bouvillons	49	58	59	59	59
Veaux	46	43	42	41	41
Verrats	63	58	49	48	48
Truies	60	54	45	42	43
Porcs < 20 kg	5	5	4	4	4
Porcs 20–60 kg	21	20	17	17	17
Porcs > 60 kg	43	42	38	39	40
Lixiviation^b					
Vaches laitières	23	15	10	9	9
Vaches de boucherie	0	0	0	0	0
Taureaux	0	0	0	0	0
Génisse laitières	16	12	9	9	9
Génisses de boucherie	0	0	0	0	0
Génisse pour l'abattage	0	0	0	0	0
Bouvillons	0	0	0	0	0
Veaux	0	0	0	0	0
Verrats	1,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Truies	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Porcs < 20 kg	0,10	0,02	0,01	0,01	0,01
Porcs 20–60 kg	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
Porcs > 60 kg	0,9	0,3	0,2	0,2	0,2

Notes :

- a. Les émissions indirectes de N₂O provenant de la volatilisation sont calculées à l'aide des valeurs de CE₄ propres au climat du Tableau 11.3 du Chapitre 11 du Volume 4 de la version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC. La volatilisation est calculée d'après Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016). La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.
- b. La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission provenant de la lixiviation des fumiers de porcs et de vaches laitières est fondée sur Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016). La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–14 **Coefficients d'émission (CE) annuels pour les pertes d'azote (N) de fumier de bovins et de porcs, sous forme de NH₃, attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage**

	CE (kg NH ₃ animal ⁻¹ année ⁻¹)				
	1990	2005	2015	2020	2021
Bovins					
Vaches laitières	22	17	13	13	13
Vaches de boucherie	39	67	50	51	51
Taureaux	4	5	4	4	4
Génisse laitières	8	6	4	4	4
Génisses de boucherie	5,7	7	6	7	7
Génisse pour l'abattage	2,3	6,1	5,2	4,7	4,7
Bouvillons	4,7	7,6	8,5	8,4	8,6
Veaux	17,6	25,7	18,3	18,3	18,2
Porcs					
Verrats	4,6	7,1	4,7	4,8	4,8
Truies	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Porcs < 20 kg	1,1	1,7	1,6	1,7	1,7
Porcs 20–60 kg	4,7	7,0	3,7	3,8	4,0
Porcs > 60 kg	9,0	13,6	12,4	13,6	13,8

Note : Les coefficients d'émission attribuables à la volatilisation sont calculés d'après Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016). La méthode utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–15 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O, attribuables à la volatilisation et au lessivage pendant l'entreposage, 2021**

Catégorie de bétail	Coefficient d'émission de volatilisation (CE) ^a (g N ₂ O animal ⁻¹ année ⁻¹)	Coefficient d'émission de lixiviation (CE) ^b (g N ₂ O animal ⁻¹ année ⁻¹)
Volaille		
Dindes	16	0
Poules	4	0
Poulette	2	0
Poulet	3	0
Autres animaux d'élevage		
Moutons	3	0
Chèvres	10	0
Bisons	86	0
Cheveaux	29	0
Lamas et alpacas	12	0
Agneaux	3	0
Chevreaux	41	0
Wapitis	20	0
Sangliers	46	0
Lapins	31	0
Visons	8	0
Renard	21	0
Mules et ânes	16	0

Notes :

- Les coefficients d'émission de N₂O indirecte attribuable à la volatilisation sont calculés à l'aide des valeurs de CE4 propres au climat tirées du Tableau 11.3 du Chapitre 11 du Volume 4 de la version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC. La méthode utilisée pour le calcul des coefficients d'émission attribuable à la volatilisation est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.
- Les coefficients d'émission de lixiviation ne sont pas calculés, car il n'existe aucune méthode de calcul de Niveau 1 pour les coefficients d'émission attribuable à la lixiviation dans les Lignes directrices 2006 du GIEC.

Tableau A6.4–16 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH₃, attribuables à la volatilisation pendant l'entreposage, 2021**

Catégorie de bétail	Coefficient d'émission (CE) (kg NH ₃ animal ⁻¹ année ⁻¹)
Volaille	
Dindes	1,0
Poules	0,3
Poulette	0,1
Poulet	0,2
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,2
Chèvres	0,6
Bisons	12
Cheveaux	2,4
Lamas et alpacas	0,8
Agneaux	0,2
Chevreaux	2,6
Wapitis	2,6
Sangliers	3,2
Lapins	1,7
Visons	0,4
Renard	1,2
Mules et ânes	1,3

Note : Les coefficients d'émission de N₂O sont tirés des paramètres par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC. La méthode utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

A6.4.3. Pâturages, grands parcours et enclos

Tableau A6.4–17 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O, attribuables au fumier de bovins produit dans les pâturages, les grands parcours et les enclos**

Année	CE (g N ₂ O kg ⁻¹ N année ⁻¹) ^{a, b, c, d}									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,68	0,68	0,68	8,8	9,5	8,8	9,7	7,5	9,4	0,68
2005	0,68	0,68	0,68	8,8	9,6	8,8	9,7	7,5	9,4	0,68
2020	0,68	0,68	0,68	8,8	9,5	8,8	9,6	7,5	9,4	0,68
2021	0,68	0,68	0,68	8,8	9,4	8,8	9,6	7,5	9,4	0,68

Notes :

a. Les coefficients d'émission sont estimés d'après Rochette et al. (2014) pour l'est du Canada, et Lemke et al. (2012) pour l'Ouest canadien.

b. La proportion de fumier excrété dans les pâturages est tirée de Marinier et al. (2005), pour tous les animaux d'élevage à l'exception des vaches laitières et des génisses.

c. La proportion de fumier excrété dans les pâturages par des vaches laitières et des génisses est calculée en fonction de la taille de l'exploitation agricole d'après la méthode de Sheppard et al. (2011a), et décrite à l'Annexe 3.4 du RIN.

d. La méthode de Niveau 2 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission est expliquée à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–18 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier produit dans les pâturages, les grands parcsours et les enclos**

Année	CE (g N ₂ O kg ⁻¹ N année ⁻¹)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
Volatilisation^a										
1990	1,6	1,8	1,6	2,9	2,3	2,9	3,0	2,7	2,3	1,6
2005	1,6	1,8	1,7	3,1	2,2	3,2	3,4	3,1	2,8	1,6
2015	1,6	1,7	1,6	3,0	1,9	3,0	3,3	2,7	2,6	1,6
2020	1,6	1,6	1,6	2,8	2,1	2,9	3,3	2,7	2,4	1,6
2021	1,6	1,6	1,6	2,8	2,2	2,8	3,2	2,6	2,4	1,6
Lixiviation^b										
1990	1,9	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,6
2005	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,6
2015	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,6
2020	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,5
2021	1,8	1,7	2,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	3,4	1,5

Notes :

- a. Pour les vaches laitières, les calculs des coefficients d'émission découlant de la volatilisation sont basés sur Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016), et les coefficients d'émission indirecte de N₂O propres au climat par défaut proviennent de la version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC. Pour tous les animaux d'élevage autres que les vaches laitières, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les coefficients d'émission indirecte de N₂O découlant de la volatilisation. Les paramètres par défaut utilisés proviennent des Lignes directrices 2006 du GIEC et sont décrits à l'Annexe 3.4 du RIN.
- b. La méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC utilisée pour estimer les coefficients d'émission de N₂O découlant de la lixiviation dans les sols agricoles est décrite à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–19 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH₃, attribuables à la volatilisation du fumier produit dans les pâturages, les grands parcsours et les enclos**

Année	CE (g NH ₃ kg ⁻¹ N année ⁻¹)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,20	0,18	0,19	0,13	0,10	0,13	0,14	0,12	0,10	0,20
2005	0,21	0,19	0,20	0,14	0,10	0,14	0,16	0,14	0,13	0,21
2020	0,21	0,19	0,20	0,13	0,10	0,13	0,15	0,12	0,11	0,21
2021	0,21	0,19	0,20	0,13	0,10	0,13	0,15	0,12	0,11	0,21

Note : Pour les vaches laitières, les calculs des coefficients d'émission découlant de la volatilisation sont basés sur les méthodes de Sheppard et al. (2011b) et de Chai et al. (2016). Pour tous les animaux d'élevage autres que les vaches laitières, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les coefficients d'émission découlant de la volatilisation. Des détails supplémentaires sont fournis à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–20 Coefficients d'émission (CE) pour les résidus de culture et les pertes d'azote (N) des engrais organiques et inorganiques, sous forme de N₂O, à la suite de l'épandage sur les sols agricoles

	CE (g N ₂ O kg ⁻¹ N année ⁻¹)						
	AB	BC	MB	ATL	ON	QC	SK
N organique							
1990	8,2	7,0	9,3	7,7	15	18	5,1
2005	7,6	7,4	8,7	8,3	16	21	4,3
2010	7,4	7,5	8,6	8,8	16	21	4,0
2015	7,8	8,0	9,0	9,1	17	22	4,1
2020	7,9	8,6	8,4	9,2	16	20	4,1
2021	7,9	8,6	8,4	9	16	20	4,1
N inorganique							
1990	10	5,7	12	12	19	24	7,9
2005	8,8	4,8	11	13	20	28	6,9
2010	8,8	5,3	11	13	20	29	6,7
2015	9,0	5,2	11	14	20	30	6,6
2020	9,1	4,7	11	14	20	33	6,6
2021	9,1	4,6	11	14	20	32	6,6
N résidus de culture							
1990	8,3	4,8	8,9	8,6	14	15	6,6
2005	8,1	5,4	8,4	9,3	16	21	5,8
2010	7,9	4,9	8,9	9,7	16	22	5,6
2015	8,3	6,1	9,2	11	16	23	5,6
2020	8,5	5,2	9,1	11	17	25	5,6
2021	8,6	6,0	9,1	11	17	23	5,6

Note : L'Annexe 3.4 du RIN décrit la méthode de Niveau 1 utilisée pour le calcul des coefficients d'émission du N₂O des sols, propres au pays.

Tableau A6.4–21 Coefficients d'émission (CE) pour les pertes d'azote (N) du fumier, sous forme de NH₃, attribuables aux sols agricoles

Année	CE (g NH ₃ kg ⁻¹ N année ⁻¹)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	235	214	228	295	267	294	254	293	267	239
2005	236	204	196	264	253	258	242	277	256	236
2020	234	198	181	250	250	249	237	265	243	235
2021	234	198	181	250	250	244	237	265	243	235

Notes :

Pour les vaches laitières et porcs, les calculs pour la volatilisation sont basés sur Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016).

Pour les autres catégories, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions découlant de la volatilisation. Des détails supplémentaires sont fournis à l'Annexe 3.4 du RIN.

Tableau A6.4–22 **Coefficients d'émission (CE) pour les pertes indirectes d'azote (N) du fumier, sous forme de N₂O, attribuables à la volatilisation et au lessivage du fumier épandu sur les sols agricoles**

	CE (g N ₂ O kg ⁻¹ N année ⁻¹)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
Volatilisation^a										
1990	1,5	2,7	1,6	5,3	4,8	5,3	5,3	4,6	4,8	1,5
2005	1,5	2,5	1,3	4,8	4,6	4,7	5,0	4,4	4,6	1,5
2020	1,5	2,3	1,2	4,5	4,5	4,5	4,8	4,3	4,4	1,5
2021	1,5	2,3	1,2	4,5	4,5	4,4	4,8	4,3	4,4	1,5
Lixiviation^b										
1990	1,9	2,3	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	1,6
2005	1,8	2,4	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5	1,6
2020	1,8	2,3	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,4	1,6
2021	1,8	2,2	2,1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	3,4	1,6

Notes :

- a. Pour les vaches laitières et les porcs, les calculs pour la volatilisation sont basés sur Sheppard et al. (2010), Sheppard et al. (2011b) et Chai et al. (2016) et les coefficients d'émissions indirecte du N₂O propres au climat par défaut du GIEC sont extraits de la version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC. Pour les autres catégories, la méthode de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les coefficients d'émissions indirecte du N₂O découlant de la volatilisation. Les paramètres par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC et de la version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC qui ont été utilisés sont décrits à l'Annexe 3.4 du RIN.
- b. Une méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de N₂O découlant de la lixiviation dans les sols agricoles et est décrite à l'Annexe 3.4 de RIN.

Tableau A6.4–23 **Fraction de l'azote volatilisé (FRACGASM) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage de N biosolide sur les sols agricoles**

Coefficient d'émission par défaut du GIEC, FRAC _{GASM}	0,21 kg NH ₃ -N volatilisé kg ⁻¹ N épandu
Note :	
Source : GIEC (2019)	

Tableau A6.4–24 **Coefficient d'émission de N₂O pour la culture de sols organiques à latitude moyenne**

Coefficient d'émission par défaut du GIEC pour la culture à la latitude moyenne	8,0 kg N ₂ O-N ha ⁻¹ année ⁻¹
Note :	
Source : GIEC (2006)	

Tableau A6.4–25 **Coefficient d'émission (CE) pour l'azote (N) biosolide relâché indirectement sous forme de N₂O en raison de la lixiviation des biosolides appliqués aux sols agricoles**

	CE (g N ₂ O kg ⁻¹ N appliqué)						
	AB	BC	MB	ATL ^b	ON	QC	SK
Lixiviation^a							
1990	2,0	1,9	2,1	3,5	3,1	3,4	1,5
2005	2,0	2,0	2,1	3,5	3,0	3,4	1,5
2020	2,0	2,1	2,1	3,5	3,0	3,5	1,5
2021	2,0	2,1	2,1	3,5	3,0	3,5	1,5

Notes :

ND = Non disponible

- a. Une méthode modifiée de Niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions de N₂O découlant de la lixiviation dans les sols agricoles, comme décrit à l'Annexe 3.4 du RIN.
- b. ATL = Canada atlantique (NB, NL, NS et PE)

Tableau A6.4–26 **Fraction de l'azote volatilisé (FRACGASF) sous forme d'ammoniac résultant de l'épandage d'engrais azotés inorganiques, certaines années, de 1990 à 2021, à l'échelle provinciale**

Année	CE implicite (kg de NH ₃ -N volatilisée kg ⁻¹ d'engrais azotés inorganiques appliqués)									
	AB	BC	MB	NB	NL	NS	ON	PE	QC	SK
1990	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,05
2005	0,05	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05
2020	0,05	0,08	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05
2021	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05

Tableau A6.4–27 **Émissions indirectes de N₂O provenant des sols agricoles**

Coefficient d'émission découlant de la volatilisation et à la redéposition d'azote ^a	Climat humide : 0,014 kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N Climat sec : 0,005 kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N
Coefficient d'émission découlant de la lixiviation/du ruissellement ^b	0,0075 kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N
Notes :	
a. Source : GIEC (2019)	
b. Source : GIEC (2006)	

A6.4.5. Autres sources

Tableau A6.4–28 **Émissions de CH₄ et de N₂O provenant de l'incinération des résidus agricoles dans les champs**

Coefficient d'émission de CH ₄	2,7 g CH ₄ kg ⁻¹ matière sèche brûlée
Coefficient d'émission de N ₂ O	0,07 g N ₂ O kg ⁻¹ matière sèche brûlée
Note :	
Source : GIEC (2006)	

Tableau A6.4–29 **Émissions de CO₂ attribuables au chaulage et à l'application d'urée**

Coefficient d'émission de dolomite	0,13 Mg C / Mg de dolomite appliquée
Coefficient d'émission de calcaire	0,12 Mg C / Mg calcaire appliqué
Coefficient d'émission d'urée	0,20 Mg C / Mg d'urée
Note :	
Source : GIEC (2006)	

A6.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Les méthodes de Niveaux 2 et 3 et les paramètres propres au pays du GIEC sont utilisés pour produire des estimations des émissions pour la majeure partie du secteur ATCATF. Le Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3)³ est employé pour estimer la croissance, la chute de litière, la mortalité et la décomposition des arbres, ainsi que les effets des perturbations naturelles sur les terres forestières et les émissions produites par la conversion des forêts pour d'autres usages. Pour ce qui est des Terres cultivées, un modèle de processus (CENTURY⁴) est utilisé pour estimer les émissions et les absorptions de CO₂ telles qu'elles sont influencées par les activités de gestion, d'après la Banque nationale de données sur les sols du Système d'information sur les sols du Canada⁵. L'Annexe 3.5 de ce rapport, plus spécifiquement les sections A3.5.2 et 3.5.4, donnent davantage de renseignements sur les méthodes pour les Terres forestières, la conversion des forêts et les Terres cultivées.

Un modèle propre au pays, le modèle du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts pour les produits ligneux récoltés (SNSCPRCF-PLR)⁶ est utilisé pour estimer les émissions associées à l'utilisation et à l'élimination des produits ligneux récoltés déclarés dans la catégorie Produits ligneux récoltés. Pour de plus de détails concernant les méthodes et paramètres intégrés au modèle, voir la section A3.5.3.

Les émissions résultant de la conversion et de la gestion des tourbières pour l'extraction de tourbe, de la création de terres submergées (réservoirs) là où il n'y a aucune preuve de déboisement et de la conversion de prairies en Établissements, sont estimées en utilisant des méthodes de Niveau 2 et des paramètres propres au pays (voir sections A3.5.6.1, A3.5.6.2 et A3.5.7.3). L'absorption nette de CO₂ par la croissance des arbres en milieu urbain est estimée en utilisant une méthode de Niveau 2A du GIEC (voir section A3.5.7.1). En outre, les émissions résultant du brûlage occasionnel de prairies sont estimées en utilisant une méthode de Niveau 1 du GIEC et des coefficients d'émission par défaut (voir section A3.5.5.1).

Une compilation des coefficients d'émission et des autres paramètres utilisés pour développer et rapporter les estimations de l'ATCATF est fournie dans cette annexe (voir la Figure A6.5–1 et le Tableau A6.5–1 au Tableau A6.5–9).

3 Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien : <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/comptabilisation-carbone-forestier/le-modele-bilan-carbone/13108>.

4 CENTURY Soil Organic Matter Model Environment : <https://www.nrel.colostate.edu/projects/century/century-documentation.php> (en anglais seulement).

5 Base nationale de données sur les sols : <https://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/index.html>.

6 Système canadien de déclaration du carbone forestier : <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/changements-climatiques/comptabilisation-carbone-forestier/13088>.

Figure A6.5–1 Paramètres des matrices des perturbations pour la modélisation du carbone (exemples choisis)

Matrice de perturbation simulant les transferts de carbone attribuables à la coupe à blanc et la coupe de récupération applicables dans toutes les écozones, sauf celles de l'Alberta et du Québec

	13	14	15	16	17	18	19	24	25	Produits
1. Bois de résineux marchand					0,15					0,85
2. Feuillage de résineux	1									
3. Autres composantes de résineux			1							
4. Bois de résineux marchand secondaire				1						
5. Racines grossières de résineux				0,5	0,5					
6. Radicelles de résineux	0,5	0,5								
7. Bois de feuillus marchand					0,15					0,85
8. Feuillage de feuillus	1									
9. Autres composantes de feuillus			1							
10. Bois de feuillus marchand secondaire				1						
11. Racines grossières de feuillus				0,5	0,5					
12. Radicelles de feuillus	0,5	0,5								
13. C de MOM aérienne très rapide	1									
14. C de MOM souterraine très rapide		1								
15. C de MOM aérienne rapide			1							
16. C de MOM souterraine rapide				1						
17. C de MOM moyenne					1					
18. C de MOM aérienne lente						1				
19. C de MOM souterraine lente							1			
20. Chicot de tiges de résineux					0,5					0,5
21. Chicot de branches de résineux			1							
22. Chicot de tiges de feuillus					0,5					0,5
23. Chicot de branches de feuillus			1							
24. Carbone noir								1		
25. Tourbe									1	

Matrice des perturbations simulant les transferts de carbone associés à la récolte de bois de chauffage d'essences de bois dur applicables dans l'écozone maritime de l'Atlantique et celle des plaines à forêts mixtes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Produits
1. Bois de résineux marchand	1																									
2. Feuillage de résineux		1																								
3. Autres composantes de résineux			1																							
4. Bois de résineux marchand secondaire				1																						
5. Racines grossières de résineux					1																					
6. Radicelles de résineux						1																				
7. Bois de feuillus marchand							0,7																			0,3
8. Feuillage de feuillus								0,7					0,3													
9. Autres composantes de feuillus									0,7						0,1											0,2
10. Bois de feuillus marchand secondaire										0,7												0,3				
11. Racines grossières de feuillus											0,7				0,15	0,15										
12. Radicelles de feuillus												0,7	0,15	0,15												
13. C de MOM aérienne très rapide													1													
14. C de MOM souterraine très rapide														1												
15. C de MOM aérienne rapide															1											
16. C de MOM souterraine rapide																1										
17. C de MOM moyenne																	1									
18. C de MOM aérienne lente																		1								
19. C de MOM souterraine lente																			1							
20. Chicot de tiges de résineux																				1						
21. Chicot de branches de résineux																					1					
22. Chicot de tiges de feuillus																						0,5				0,5
23. Chicot de branches de feuillus																							0,5			0,5
24. Carbone noir																								1		
25. Tourbe																									1	

A6.5.2. Produits ligneux récoltés

Tableau A6.5-1 Valeurs par défaut des paramètres utilisés dans l'analyse des Produits ligneux récoltés

Description	Unités	Valeur
Facteur d'expansion de l'écorce, espèces résineuses	sans unité	1,11 ^a
Facteur d'expansion de l'écorce, espèces feuillues	sans unité	1,15 ^a
Facteur d'expansion de l'écorce, espèces mélangées	sans unité	1,13 ^a
Teneur en C du bois	tonnes C t.a. ^{-1, b}	0,5 ^c
Note :		
a. GIEC (2006) (Vol. 4, tableau 12.5)		
b. Tonnes de carbone par tonne anhydre (t.a.) de matières ligneuses.		
c. GIEC (2006) (Vol. 4, tableau 12.4)		

Tableau A6.5-2 Densité du bois selon les produits

Pays	Description	Unité	Valeur
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bois rond	t.a. m ⁻³	0,386 ^a
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bois scié	t.a. m ⁻³	0,481 ^a
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, autre bois rond industriel	t.a. m ⁻³	0,583 ^a
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, panneaux de bois	t.a. m ⁻³	0,643 ^b
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bioénergie	t.a. m ⁻³	0,523 ^c
États-Unis	Bois rond résineux	t.a. m ⁻³ de bois vert	0,455 ^d
États-Unis	Bois rond non résineux	t.a. m ⁻³ de bois vert	0,527 ^d
États-Unis	Bois rond résineux et non résineux	t.a. m ⁻³ de bois vert	0,465 ^d
États-Unis	Contreplaqué et feuille de placage - feuillus	tonne C m ⁻³	0,28 ^e
États-Unis	Bois d'œuvre de résineux	tonne C m ⁻³	0,22 ^e
États-Unis	Bois d'œuvre de feuillus	tonne C m ⁻³	0,26 ^e
États-Unis	Panneau de particules	tonne C m ⁻³	0,29 ^e
États-Unis	Panneau dur	tonne C m ⁻³	0,42 ^e
États-Unis	Panneau de fibres de moyenne densité	tonne C m ⁻³	0,32 ^e
États-Unis	Panneau de fibres comprimé	tonne C m ⁻³	0,37 ^a
États-Unis	Pâtes et papier et carton	tonne C t.s.a. ⁻¹	0,42 ^e
États-Unis	Carton isolant	tonne C m ⁻³	0,45 ^e
Tous les autres	Bois scié – résineux	t.a. m ⁻³	0,45 ^f
Tous les autres	Bois scié – non résineux	t.a. m ⁻³	0,45 ^f
Tous les autres	Panneaux structurels	t.a. m ⁻³	0,628 ^f
Tous les autres	Panneaux non structurels	t.a. m ⁻³	0,628 ^f
Tous les autres	Papier	t.a. m ⁻³	0,9 ^f
Tous les autres	Pâte de bois	t.a. m ⁻³	0,9 ^f

Notes :

t.a. = tonne anhydre de matières ligneuses

t.s.a. = tonne de produits séchés à l'air

a. Valeurs propres au pays calculées à partir de l'analyse interne des niveaux d'aménagement des forêts du Canada déterminés en 2011-2012.

b. D'après D. Briggs (1994)

c. Moyenne des valeurs pour le bois rond, le bois scié et autre bois rond et panneaux de bois industriels.

d. FAO (2010)

e. Skog (2008)

f. GIEC (2006) (Vol. 4, tableau 12.4)

Tableau A6.5-3 **Demi-vies (années) des produits ligneux récoltés utilisés**

Pays	Description ^a	Valeur
Canada	Bois scié	35 ^b
Canada	Panneaux de bois	25 ^c
Canada	Pâtes et papier	2 ^b
Canada	Autre bois rond industriel	35 ^b
É.-U.	Bois scié	40 ^b
É.-U.	Panneaux de bois	27,04 ^c
É.-U.	Pâtes et papier	3,25 ^c
É.-U.	Autre bois rond industriel	40 ^b
Reste du monde	Bois scié	35 ^b
Reste du monde	Panneaux de bois	25 ^c
Reste du monde	Pâtes et papier	2 ^b
Reste du monde	Autre bois rond industriel	35 ^b

Notes :

a. Il est présumé que le bois de chauffage et les résidus des scieries sont brûlés et éliminés, respectivement, au cours de l'année de la récolte.

b. GIEC (2003) (annexe 3a.1, tableau 3a.1.3)

c. Calculée d'après le GIEC (2003) (annexe 3a.1, tableau 3a.1.3)

A6.5.3. Terres cultivées

Tableau A6.5-4 **Coefficients du carbone organique du sol agricole par région et par type de changement d'aménagement des terres (CAT)**

Zone ^{a, e}	CAT ^{b, c}	k an ⁻¹	ΔC_{CATmax} (Mg ha ⁻¹)	Dernière année d'effet d'après le CAT ^d	Coefficient linéaire moyen annuel de durée de l'effet du CAT (Mg ha ⁻¹ par an)	Coefficient linéaire moyen annuel pour les premières 20 années du CAT (Mg ha ⁻¹ par an)
Est de l'Atlantique	TI à CSL	0,0216	3,5	52	0,05	0,06
	TI à TRS	0,0251	2,4	36	0,04	0,05
	TRS à CSL	0,0233	1,1	1	0,03	0
	Augmentation des vivaces	0,0217	43,4	167	0,25	0,77
Centre-Est	TI à CSL	0,025	5	65	0,06	0,1
	TI à TRS	0,0261	1,9	25	0,04	0,04
	TRS à CSL	0,0255	3,2	46	0,05	0,06
	Augmentation des vivaces	0,0247	38,2	147	0,25	0,74
Forêts-parcs	TI à CSL	0,0286	6,5	70	0,08	0,14
	TI à TRS	0,0242	2,8	41	0,04	0,05
	TRS à CSL	0,0263	3,7	51	0,05	0,07
	Augmentation des vivaces	0,0233	29,4	142	0,2	0,55
Prairies semi-arides	TI à CSL	0,0261	4,9	63	0,06	0,1
	TI à TRS	0,0188	2,3	30	0,03	0,04
	TRS à CSL	0,0222	2,5	37	0,04	0,05
	Augmentation des vivaces	0,0281	26,1	120	0,21	0,56
Ouest	TI à CSL	0,0122	4,8	69	0,04	0,05
	TI à TRS	0,0116	0,8	0	0	0
	TRS à CSL	0,0119	3,9	53	0,03	0,04
	Augmentation des vivaces	0,0155	34,4	198	0,17	0,46

Notes :

Les coefficients linéaires efficaces du Carbone organique du sol ont été générés à l'aide de l'équation $F_{CAT(t)} = \Delta C_{CATmax} \times [1 - \exp(-k \times t)]$.

- a. Résumé pondéré par zone : « Est de l'Atlantique » est la zone de déclaration maritime de l'Atlantique plus la zone de déclaration du Bouclier boréal à NL, « Centre-Est » est la zone de déclaration des plaines de forêts mixtes plus la section est de la zone de déclaration du Bouclier boréal en ON et au QC; « Forêts-parcs » désigne les zones des Prairies subhumides, du Bouclier boréal ouest et des plaines boréales plus les régions de la zone de déclaration de la Cordillère montagnarde où des activités agricoles sont attenantes aux activités agricoles dans le reste de la zone des forêts-parcs; enfin « Ouest » désigne la zone de déclaration maritime du Pacifique plus la Cordillère montagnarde, à l'exception de la portion de cette dernière comprise dans la zone des forêts-parcs décrite ci-dessus.
- b. Pour les changements d'aménagement des terres dans le sens opposé à celui qui est énuméré, la valeur F_{CATmax} est l'inverse additif de la valeur indiquée.
- c. TI = travail intensif du sol, TRS = travail réduit du sol, CSL = culture sans travail du sol
- d. Aucune autre fluctuation de C quand la valeur absolue du taux de fluctuation est inférieure à 25 kg C ha⁻¹ par an.
- e. Facteurs estimés des changements en rendement; par conséquent, les apports de carbone aux sols ne peuvent se résumer en un seul facteur régional, l'élaboration d'autres méthodes de simplification des facteurs est en cours.

Tableau A6.5–5 Ratios C:N du fumier provenant des principaux animaux d'élevage et systèmes de gestion de fumier, épandu sur des sols agricoles

Animal d'élevage	Type de fumier	Ratio C:N ^a
Vache laitière	Liquide	15,0 (±7,3) ^b
	Solide	13,1 (±1,4) ^c
Bovin de boucherie	Solide	14,1 (±4,7) ^d
Porc	Liquide	10,5 (±2,4) ^e
Volaille	Solide	5,0 (±0,4) ^f

Notes :

a. Les chiffres entre parenthèses sont les écarts-types.

b. Bhandral et al. (2009); Rochette et al. (2008); Pelster et al. (2012); Lynch et al. (2005); Maillard et al. (2015); Maillard et al. (2016); Aoyama et al. (1999)

c. Rochette et al. (2008)

d. Hao et al. (2003); Sommerfeldt et al. (1988); Izaurralde et al. (2001); Grant et al. (2001); Pare et al. (1999); Larney and Janzen (1996)

e. Pelster et al. (2012); Chantigny et al. (2000); Chantigny et al. (2007); Chantigny et al. (2010); Chantigny et al. (2012)

f. Pelster et al. (2012); Forge et al. (2016); Rees et al. (2014); Larney and Janzen (1996)

Tableau A6.5–6 Rétention du C issu de l'épandage de fumier sur des sols destinés à une production annuelle

Type de fumier	Rétention du C des fumiers %
Fumier solide de porc et de bovin	25,6 (±1,4) ^a
Fumier composté de porc	35,5 (±2,2)
Fumier liquide de porc et de bovin	4,7 (±3,6)

Notes :

a. Erreurs-types

Source des données : Liang et al. (2021)

A6.5.4. Terres humides

Tableau A6.5–7 Paramètres et coefficients d'émission (CE) servant à l'estimation des émissions produites par l'extraction de tourbe

Paramètre / coefficient d'émission	Unité ^a	CE
Extraction de la biomasse		
Biomasse extraite des terres forestières	t C ha ⁻¹	19,2 ^b
Biomasse extraite d'autres terres	t C ha ⁻¹	2,8 ^b
Drainage		
CO ₂ des zones drainées	t CO ₂ ha ⁻¹ an ⁻¹	11,44 ^c
CO ₂ -COD des zones drainées	t CO ₂ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,60 ^d
CH ₄ des champs drainés	t CH ₄ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,008 ^e
CH ₄ des fossés de drainage	t CH ₄ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,15 ^f
N ₂ O des zones drainées	t N ₂ O ha ⁻¹ an ⁻¹	0,00047 ^g
CO ₂ des zones abandonnées de coupe en blocs	t CO ₂ ha ⁻¹ an ⁻¹	8,6 ^h
CH ₄ des zones abandonnées de coupe en blocs	t CH ₄ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,012 ⁱ
Absorption de CO ₂ par la biomasse des arbres	t CO ₂ ha ⁻¹ an ⁻¹	-0,32 ^j
Empilage et transformation de la tourbe		
Quantité de tourbe empilée	t C ha ⁻¹	50 ^k
Constante de décomposition exponentielle, tourbe empilée		0,05 ^k
Fraction de carbone des produits de la tourbe	t C t de tourbe séchée à l'air ⁻¹	0,26 ^l
Remouillage et restauration		
CO ₂ des zones restaurées	t CO ₂ ha ⁻¹ an ⁻¹	7,60 ^m
CO ₂ -COD des zones restaurées	t CO ₂ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,13 ^d
CH ₄ des champs restaurés	t CH ₄ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,03 ^e
CH ₄ des fossés restaurés	t CH ₄ ha ⁻¹ an ⁻¹	0,28 ⁿ
N ₂ O des zones restaurées	t N ₂ O ha ⁻¹ an ⁻¹	ND ^o

Notes :

- Toutes les unités où le gaz à effet de serre (GES) est précisé sont les unités du GES concernées (CO₂, CH₄ ou N₂O) au lieu de C et N.
- Hayne et Verbicki (2011)
- Moore et al. (2002), cité dans Cleary (2003); Glatzel et al. (2003); Waddington et al. (2010); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014)
- Waddington et al., 2008; Strack and Zuback, 2013
- Moore et al. (2002), cité dans Cleary (2003); Waddington et Day (2007); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014)
- Waddington et Day (2007)
- GIEC, 2014 (tableau 2.5, valeur par défaut pour les zones climatiques boréales et tempérées)
- Waddington et Price (2000); Waddington et Warner (2001); Waddington et al. (2002); McNeil et Waddington (2003)
- Waddington et Price (2000)
- Garcia Bravo (2015)
- Cleary (2003)
- Hayne et al. (2014)
- Moore et al. (2002) cité dans Cleary (2003); Petrone et al. (2001); Petrone et al. (2003); Waddington et al. (2010); Strack et Zuback (2013); Strack et al. (2014)
- Waddington et Day (2007); Strack et Zuback (2013)
- GIEC, 2014, hypothèse par défaut : aucune émission de N₂O des zones réhumectées et remises en état

A6.5.5. Établissements

Tableau A6.5–8 **Densité du stockage et de la séquestration du carbone dans les arbres urbains**

Unité de rapprochement (UR)	Stockage du carbone (t C ha ⁻¹)	Séquestration du carbone nette (t C ha ⁻¹ année ⁻¹)
1 NL – Bouclier boréal est	40	3,0
5 NS – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
6 PE – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
7 NB – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
11 QC – Maritime de l'Atlantique	62	3,4
12 QC – Plaines à forêts mixtes	58	2,4
15 QC – Bouclier boréal est	40	3,0
16 ON – Bouclier boréal ouest	40	3,0
17 ON – Plaines à forêts mixtes	58	2,4
19 ON – Bouclier boréal est	40	3,0
24 MB – Prairies subhumides	55	2,9
28 SK – Plaines boréales	40	3,0
30 SK – Prairies semi-arides	55	2,9
34 AB – Plaines boréales	40	3,0
35 AB – Prairies subhumides	55	2,9
37 AB – Prairies semi-arides	55	2,9
41 BC – Maritime du Pacifique	97	6,9
42 BC – Cordillère montagnarde	23	1,4

Note :
Source : Steenberg et al. (2021)

A6.5.6. Conversion des forêts

Tableau A6.5–9 **Carbone organique du sol dans les terres forestières et cultivées (0 à 30 cm de profondeur)**

Texture du sol	Carbone organique du sol (Mg C ha ⁻¹)		Différence (%)
	Terre forestière ^a	Terre cultivée ^a	
Est du Canada			
Grossière	85 (26)	68 (42)	-20
Moyenne	99 (38)	77 (35)	-22
Fine	99 (58)	78 (36)	-21
Ouest du Canada			
Grossière	73 (39)	74 (38)	0
Moyenne	66 (30)	73 (30)	4
Fine	74 (38)	77 (25)	1

Note :
a. L'écart-type est entre parenthèses.

A6.6. Combustion de la biomasse

A6.6.1. CO₂

Les émissions de CO₂ résultant de la combustion de la biomasse provenant des forêts et autres terres boisées (que ce soit pour la consommation d'énergie, ou que cela provienne du brûlage dirigé ou des feux de végétation) ne sont pas comprises dans les totaux des inventaires nationaux. Les émissions des feux prescrits et de la combustion de cette biomasse à des fins énergétiques sont estimées et déclarées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF), dans le cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR), tableaux 4(V) et 4.G respectivement. Les feux de forêt sont considérés comme des perturbations naturelles incontrôlables dans l'approche de modélisation et de déclaration utilisée pour le secteur de l'ATCATF, selon laquelle ces émissions et les absorptions ultérieures sont estimées et suivies séparément des émissions ou absorptions résultant des peuplements forestiers gérés commercialement; plus de détails sur cette approche se trouvent à l'Annexe A3.5.2.4.

Les émissions relatives à la combustion de biomasse à des fins de production d'énergie sont déclarées comme postes pour mémoire dans le CUPR du secteur Énergie, comme l'exige la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Les émissions dues à la combustion industrielle de la biomasse dépendent avant tout des caractéristiques du combustible brûlé. Le coefficient d'émission de CO₂ (Tableau A6.6–1) pour les déchets ligneux industriels a été élaboré à partir de données d'échantillonnage des sources recueillies par le U.S. EPA. en unités de lb/MMBTU (un million de BTU; U.S. EPA, 2003). Les données du U.S. EPA ont été converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 0 % au moyen d'un pouvoir calorifique supérieur (PCS) de 20,44 MJ/kg, qui a été élaboré à partir d'un examen interne des données disponibles sur le taux d'humidité et le pouvoir calorifique. Le coefficient d'émission pour les liqueurs résiduelles a été calculé à partir de données recueillies par le National Council for Air and Stream Improvement (NCASI) et basé sur une teneur en carbone pour laquelle on présume une correction de 1 % pour le carbone non oxydé (NCASI, 2010). Les coefficients d'émission du NCASI ont été fournis en unités de kg/GJ du PCS, puis convertis en kg/tonne à 0 % d'humidité en utilisant un PCS de 13,7 MJ/kg (Tran, 2014).

Le coefficient d'émission de CO₂ pour la combustion résidentielle (Tableau A6.6–1) est basé sur les lignes directrices par défaut du GIEC (2006). Les données du GIEC ont été converties en g/kg à une teneur en humidité de 19 % au moyen d'un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de 13,2 MJ/kg, qui a été calculé d'après l'hypothèse que le PCI est de 20 % inférieur au PCS (FPL, 2004). Le PCS a été établi d'après un examen interne des données disponibles sur la teneur en humidité et le pouvoir calorifique.

Tableau A6.6–1 Coefficients d'émission pour la biomasse

Source ^a	Description	Coefficient d'émission (g/kg combustible)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Bois de chauffage et déchets ligneux	Combustion industrielle	1 715 ^b	0,1 ^c	0,07 ^c
Incendies de forêt	Combustion à l'air libre	S.O.	S.O. ^d	S.O. ^e
Brûlages dirigés	Combustion à l'air libre	S.O.	S.O. ^d	S.O. ^e
Liqueurs résiduelles	Combustion industrielle	1 250 ^f	0,03 ^g	0,005 ^g
Poêles et foyers	Combustion résidentielle			
Poêles à bois classiques		1 539 ^h	12,9 ^h	0,12 ^h
Foyers classiques avec unité encastrée		1 539 ^h	12,9 ^h	0,12 ^h
Poêles et foyers perfectionnés ou dotés de systèmes antipollution catalytiques		1 539 ^h	5,9 ^h	0,12 ^h
Poêle à granulés		1 652 ^h	4,12 ^h	0,059 ^h
Autres dispositifs de combustion du bois		1 539 ^h	4,12 ^h	0,059 ^h

Notes :

S.O. = Sans objet

a. Les émissions de CO₂ résultant de la biomasse brûlée à des fins énergétiques ou agricoles ne sont pas comprises dans les totaux de l'inventaire, tandis que les émissions de CH₄ et de N₂O de ces mêmes sources sont répertoriées dans le secteur de l'énergie. Toutes les émissions de GES, notamment de CO₂ résultant de la biomasse brûlée dans les forêts aménagées (feux de végétation et brûlage dirigé) sont déclarées dans le secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et sont exclues des totaux de l'inventaire national.

b. Adapté de U.S. EPA (2003)

c. Adapté de U.S. EPA (2003) et de NCASI TB998 (2012)

d. Le coefficient d'émission du CH₄ équivaut à 1/90 du CO₂. Voir l'Annexe A3.4 du RIN.

e. Le coefficient d'émission du N₂O équivaut à 0,017 % du CO₂. Voir l'Annexe A3.4 du RIN.

f. Adapté de NCASI (2011)

g. Adapté de NCASI (2012)

h. Adapté de GIEC (2006)

Les émissions de CO₂ surviennent pendant les incendies de forêt et le brûlage dirigé au cours des activités de conversion des forêts. Le carbone émis sous forme de CO₂ (CO₂-C) durant les incendies de forêt est comptabilisé dans le bilan du carbone forestier, tandis que le CO₂-C émis durant le brûlage dirigé est déclaré dans les nouvelles catégories d'affectation des terres. Il n'existe pas de coefficient d'émission de CO₂ unique qui s'applique à tous les feux, car la proportion de CO₂-C émis dans chaque bassin peut être propre au bassin, aux types de forêts et aux perturbations de même qu'à la zone écologique (section A3.4.2).

A6.6.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion résidentielle de bois de chauffage dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission de CH₄ sont basés sur les lignes directrices par défaut du GIEC (2006). Les valeurs du GIEC ont été converties en g/kg à une teneur en humidité de 19 % d'après la même méthode utilisée pour le CO₂.

Les émissions dues à la combustion industrielle de la biomasse dépendent principalement des caractéristiques du combustible. Le coefficient d'émission (Tableau A6.6–1) de CH₄ pour les déchets ligneux industriels a été élaboré au moyen de données d'échantillonnage des sources recueillies par le U.S. EPA en unités de lb/MMBTU (U.S. EPA, 2003), collectées par le NCASI en unités de kg/MMBTU et converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 0 %, comme l'indique la section A6.6.1. Le coefficient d'émission de CH₄ pour les liqueurs résiduelles a été élaboré à partir de données d'échantillonnage de la NCASI en unités de kg/MMBTU, converties en kg/tonne à 0% de taux d'humidité en utilisant un PCS de 13,7 MJ/kg discuté à la section A6.6.1.

Les coefficients d'émission pour les gaz d'enfouissement (Tableau A6.6–2) sont adaptés du GIEC (2006).

Les émissions de carbone sous forme de CH₄ (CH₄C) résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé sont toujours égales à 1/90 des émissions de CO₂-C.

A6.6.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion résidentielle de bois de chauffage dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission de N₂O sont basés sur les lignes directrices par défaut du GIEC (2006). Les valeurs du GIEC ont été converties en g/kg à une teneur en humidité de 19 % d'après la même méthode utilisée pour le CO₂.

Les émissions associées à la combustion industrielle de la biomasse dépendent principalement des caractéristiques du combustible. Le coefficient d'émission (Tableau A6.6–1) pour les déchets ligneux industriels a été élaboré à partir des données d'échantillonnage à la source des installations recueillies par le U.S. EPA en unités de lb/MMBTU (U.S. EPA, 2003) et recueillies par le National Council for Air and Stream Improvements (NCASI) en unités de kg/MMBTU et converties en kg/tonne à 0 % de taux d'humidité, comme l'indique la section A6.6.1. Le coefficient d'émission pour le N₂O provenant de la liqueur résiduelle a été élaboré à partir des données d'échantillonnage à la source de la NCASI en unités de kg/MMBTU, converties en kg/tonne à 0 % de taux d'humidité en utilisant une PCS de 13,7 MJ/kg, également indiqué à la section A6.6.1.

Les coefficients d'émission pour les gaz d'enfouissement (Tableau A6.6–2) sont adaptés du GIEC (2006).

Les émissions de N₂O résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé équivalent à 0,017 % vol/vol des émissions de CO₂. Étant donné que les deux gaz ont le même poids moléculaire, le même rapport peut être appliqué selon la masse (section A3.5.2).

Tableau A6.6–2 Coefficients d'émission pour la combustion des gaz d'enfouissement

Source	Description	Coefficients d'émission			Unités des coefficients d'émission
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gaz d'enfouissement	Combustion industrielle (pour l'énergie)	2 752 ^a	0,05 ^a	0,005 ^a	kg/t CH ₄ utilisé pour l'énergie
Gaz d'enfouissement	Évacuation	NE	3,0 ^b	NE	kg/t CH ₄ évacué

Notes :

NE = Non estimé

a. Adapté du GIEC (2006) (Vol. 2, tableau 2.2)

b. U.S. EPA (1998) Documentation sur les facteurs d'émission pour AP-42 section 2.4 décharges municipales de déchets solides révisée. <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch02/>, <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/final/c02s04.pdf> (en anglais seulement)

A6.7. Déchets

A6.7.1. Traitement et rejet des eaux usées municipales

A6.7.1.1. CH₄

Les émissions attribuables au traitement et au rejet des eaux usées municipales dépendent de la charge organique de l'effluent (une fonction de la population) et du type de traitement. Les coefficients d'émission (CE) sont le produit du facteur de correction du méthane (FCM), qui est une estimation propre à la technologie de la fraction de la demande biologique en oxygène (DBO) qui se dégradera en fin de compte par voie anaérobie, et de la capacité maximale de production de méthane (B₀), qui est exprimée en kg CH₄/kg DBO enlevée. La valeur par défaut de 0,6 kg CH₄/kg DBO pour le B₀ du GIEC n'a pas été utilisée, car l'étude d'AECOM (2011) demandée par Environnement et Changement climatique Canada a confirmé que l'écart de celle-ci par rapport à la valeur 0,25 kg CH₄/kg DCO était erroné (DCO étant la demande chimique en oxygène). Une valeur de 0,36 kg CH₄/kg DBO, propre au Canada, a été utilisée pour le B₀ (AECOM, 2011).

Les valeurs du FCM et les CE pour les émissions de CH₄ provenant du traitement et du rejet d'eaux usées par technologie de traitement se trouvent dans le Tableau A6.7–1.

Tableau A6.7–1 Facteurs de correction du méthane (FCM) et coefficients d'émissions (CE) pour le CH₄ provenant du traitement et du rejet des eaux usées

Traitement	FCM	CE
Aucun traitement	0,1 ^a	0,036
Installation centrale de traitement aérobie–primaire	0,018 ^b	0,0036
Lagune d'épuration aérobie	0 ^a	0
Lagune d'épuration anaérobie	0,8 ^a	0,288
Lagune facultative	0,2 ^a	0,072
Lagune d'épuration (non précisé)	0,2 ^c	0,072
Installation centrale de traitement aérobie–secondaire	0,8 ^a	0,288
Boues secondaires activées	0,01 ^b	0,0036
Filtre à particules	0,01 ^b	0,0036
Filtre anti-particule–taux élevé	0,01 ^b	0,0036
Contacteur biologique rotatif	0,01 ^b	0,0036
Réacteur séquentiel discontinu	0,05 ^d	0,018
Biofiltration secondaire	0,01 ^b	0,0036
Élimination biologique secondaire avec des nutriments	0,01 ^b	0,0036
Fosse septique	0,5 ^a	0,18
Fosse septique–émissaire marin	0,5 ^a	0,18
Terres humides	0,17 ^e	0,0612
Inconnu/autre	0,2 ^f	0,072

Notes :

CE = FCM x B₀, où B₀ est la valeur propre au Canada (0,36)

a. GIEC (2006) (Vol. 5, chapitre 6, Tableau 6.3)

b. Version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC

c. Les types de lagunes non précisés sont présumés être des lagunes facultatives.

d. Taseli (2018). Pollution ponctuelle et impact sur le changement climatique de la station d'épuration des eaux usées du Réacteur séquentiel discontinu.

e. Supplément aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les Terres humides (2014), chapitre 6. Les valeurs moyennes des FCM de trois terres humides sont fournies dans le document.

f. Les installations dont le type de traitement est inconnu ou autre sont présumées être des lagunes facultatives ou le rejet sans traitement en mer. La valeur médiane des FCM et des CE de ces technologies est utilisée.

A6.7.1.2. N₂O

Les émissions de N₂O attribuables aux eaux usées dépendent de l'azote qui entre dans le flux d'eaux usées, lequel dépend à son tour de la consommation de protéines par habitant, de la population, de la teneur en azote des protéines et des facteurs d'ajustement pour l'apport en azote non consommé (par exemple provenant du lavage) et les apports de sources industrielles. Le CE utilisé est la valeur par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC de 0,005 kg N₂O-N/kg d'azote (GIEC, 2006). Le CE pour le N₂O provenant du traitement et du rejet des eaux usées se trouve dans le Tableau A6.7–2.

Tableau A6.7–2 **Coefficient d'émission pour le N₂O provenant du traitement et du rejet des eaux usées**

Catégorie de traitement	CE (kg N ₂ O-N/kg N)	Unité
Sans traitement	0 ^a	kg N ₂ O-N/kg N ^d
Traitement primaire	0 ^b	
Lagune aérobie	0 ^b	
Lagune anaérobie	0 ^a	
Lagune facultative	0 ^b	
Lagune de type non précisé ou autre	0 ^c	
Traitement anaérobie secondaire	0 ^a	
Traitement secondaire par boues activées	0,016 ^a	
Lit bactérien	0,016 ^a	
Lit bactérien – taux élevé	0,016 ^a	
Disques biologiques	0,016 ^a	
Réacteur biologique séquentiel	0,016 ^a	
Biofiltration secondaire	0,016 ^b	
Traitement secondaire avec élimination biologique des nutriments	0,016 ^a	
Traitement septique	0,0045 ^a	
Traitement septique avec exutoire marin	0 ^a	
Terres humides	0 ^b	
Autres/inconnu	0,016 ^c	

Notes :

a. Version révisée (2019) des Lignes directrices 2006 du GIEC

b. Estimation d'ECCC

c. Modélisé en tant que lagune facultative

d. Pour convertir N₂O-N en N₂O, il faut multiplier par 44/28.

A6.7.2. Incinération des déchets

Les CE du CO₂, CH₄ et N₂O pour l'incinération des déchets se trouvent dans le Tableau A6.7–3.

Tableau A6.7–3 Coefficients d'émission pour l'incinération des déchets				
Traitement	Coefficient d'émission			Unité
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Incinération des déchets solides municipaux – continue – lit fluidisé	3 666,67*	0,0002	0,00005	kg / tonne déchets (pour CH ₄ , N ₂ O), *kg CO ₂ / tonne fossile de C dans les déchets
Incinération des déchets solides municipaux – continue – brûleur à alimentation mécanique		0	0,00005	
Incinération des déchets solides municipaux – semi-continue – lit fluidisé		0,006	0,00005	
Incinération des déchets solides municipaux – semi-continue – brûleur à alimentation mécanique		0,188	0,00005	
Incinération des déchets solides municipaux – discontinue – lit fluidisé		0,06	0,00006	
Incinération des déchets solides municipaux – discontinue – brûleur à alimentation mécanique		0,237	0,00006	
Incinération des boues d'épuration	1 650,00	9,70	0,99	kg / tonne de boue d'épuration
Incinération de déchets dangereux	1 650,00	0,17	3,16	kg / tonne de déchets
Incinération de déchets médicaux – continue	572,00	0,0002	0,05	kg / tonne de déchets
Incinération de déchets médicaux – discontinue		0,06	0,06	kg / tonne de déchets
Boues industrielles – traitement continu	1 650,00	0,0002	0,45	kg / tonne de déchets
Boues industrielles – traitement discontinu		0,06	0,45	kg / tonne de déchets
Déchets liquides d'origine fossile – traitement continu	2 933,33	0,0002	0,1	kg / tonne de déchets
Déchets liquides d'origine fossile – traitement discontinu		0,06	0,1	kg / tonne de déchets
Déchets liquides d'origine fossile – traitement semi-continu		0,0301	0,1	kg / tonne de déchets
Industriels – traitement continu – brûleur à alimentation mécanique	1 650,00	0,0002	0,05	kg / tonne de déchets
Industriels – traitement continu – lit fluidisé		0	0,05	kg / tonne de déchets
Industriels – traitement semi-continu – lit fluidisé		0,006	0,05	kg / tonne de déchets
Industriels – traitement semi-continu – brûleur à alimentation mécanique		0,188	0,05	kg / tonne de déchets
Industriels – traitement discontinu – lit fluidisé		0,06	0,06	kg / tonne de déchets
Industriels – traitement discontinu – brûleur à alimentation mécanique		0,237	0,06	kg / tonne de déchets

Note : Source : GIEC (2006)

A6.7.2.1. Incinération de boues d'épuration

Les émissions de CH₄ attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont estimées au moyen de CE provenant des *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2006).

A6.7.2.2. Incinération de déchets solides municipaux

Les estimations des émissions attribuables à l'incinération des déchets solides municipaux sont calculées en fonction des activités d'incinération en continu ou par lot, et en fonction de technologies de combustion à alimentation mécanique ou à lit fluidisé. Les coefficients d'émission proviennent des *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2006). Pour les émissions de CO₂, seule la portion des déchets d'origine non-biogène (fossile) est incluse dans le calcul des émissions.

A6.7.2.3. Incinération de déchets dangereux

Les coefficients d'émission pour l'incinération de déchets dangereux proviennent des *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2006). Le coefficient d'émission pour le CO₂ est fondé sur une teneur en carbone de 50 % et sur une teneur en carbone fossile de 90 % de la teneur en carbone.

A6.7.2.4. Incinération de déchets cliniques

Les coefficients d'émission pour l'incinération de déchets cliniques proviennent des *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2006). Le coefficient d'émission pour le CO₂ est fondé sur une teneur en carbone de 45 %.

A6.7.3. Traitement biologique des déchets solides

Les coefficients d'émission du CO₂, CH₄ et N₂O pour le traitement biologique des déchets solides se trouvent dans le Tableau A6.7–4.

Tableau A6.7–4 Coefficient d'émission pour le traitement biologique des déchets solides					
Catégorie	Déchets du type d'installations	Coefficient d'émission			Unité
			CH ₄	N ₂ O	
Digestion anaérobie	Installations non agricoles	S.O.	2,10	S.O.	% de méthane produit dans les biogaz
Compostage	Résidus de jardin	S.O.	1,72	0,25	g/kg déchets humides
	Biosolides ou fumier	S.O.	3,54	0,18	g/kg déchets humides
	Mélange de déchets	S.O.	1,09	0,11	g/kg déchets humides
	Déchets solides municipaux	S.O.	1,51	0,18	g/kg déchets humides
Notes : S.O. = Sans objet a. ECCC (2020b) b. ECCC (2020c)					

PRÉCURSEURS D'OZONE ET D'AÉROSOLS

La Conférence des Parties de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) (FCCC/CP/2014/10/Add. 3 – CCNUCC, 2014) recommande que les Parties fournissent des renseignements sur les émissions indirectes de gaz à effet de serre (GES), tels que le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), ainsi que les oxydes de soufre (SO_x) dans leur rapport d'inventaire national.

Les aérosols sont des particules liquides, solides, ou mixtes en suspension dans l'atmosphère. Les particules d'aérosol sont soit émises directement dans l'atmosphère, soit produites dans l'atmosphère à partir de gaz précurseurs. Ces gaz n'ont pas un effet de réchauffement planétaire direct, mais ils peuvent avoir une incidence sur la formation ou la destruction de l'ozone troposphérique et stratosphérique (O₃) ou encore influencer sur l'absorption du rayonnement terrestre, comme le font les SO_x. Les GES indirects peuvent avoir des répercussions sur le climat en se comportant comme des GES de courte durée. Ils peuvent modifier aussi la durée de vie dans l'atmosphère d'autres GES et réagir rapidement afin de produire de nouveaux GES, par exemple lorsque le CO réagit avec un radical hydroxyle (OH), une réaction d'oxydation, pour former du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère, d'où l'étiquette « GES indirects ». Les émissions de ces précurseurs sont produites par un certain nombre de sources comme la combustion de combustibles fossiles dans les secteurs de l'énergie et du transport, la production industrielle, et la combustion de biomasse.

L'information sur les émissions des précurseurs d'ozone et d'aérosols au Canada, y compris le CO, les NO_x, les COVNM et les SO_x est disponible dans le Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada¹.

Le Canada rapporte aussi les émissions indirectes de CO₂ qui proviennent de l'oxydation atmosphérique du CO émis lors de l'incinération de biomasse, sur place, suivant les activités de récolte forestière et de conversion des forêts, émissions déclarées dans le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et rapportées dans le tableau 6 du Cadre uniformisé de présentation des rapports² (CUPR). Les totaux nationaux sont présentés dans les tableaux 10 et le sommaire 2 du CUPR, avec et sans les émissions indirectes de CO₂, conformément au paragraphe 29 de l'annexe I des Lignes directrices de déclaration de l'inventaire de la CCNUCC (CCNUCC, 2014). Pour des précisions sur la source de ces émissions indirectes, veuillez consulter le Chapitre 6 et l'Annexe 3.5.

¹ Le Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada est disponible à l'adresse : www.canada.ca/IEPA.

² Les tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports du Canada pour 2023 sont disponibles à l'adresse : <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2023>.

RÉFÉRENCES

Annexe 1, Catégories clés

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC 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>.

Annexe 2, Incertitude

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 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>.

Laferrière R., Leblanc-Power G., Tobin S. et Tracey K. 2020. *Inventory Emissions Uncertainty for Canada: Accounting for Correlation and Asymmetry with Monte Carlo Simulations*. Rapport inédit. Gatineau (Québec), Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

Annexe 3.1, Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles

Alemdag IS. 1984. *Wood density variation of 28 tree species from Ontario*. Petawawa National Forestry Institute. Agriculture Canada. Service canadien des forêts. Report PI-X-45. 12 p.

[IATA] Association du transport aérien international. 2020. *Airline and Location Code Search*. Disponible à l'adresse : <http://www.iata.org/en/publications/directories/code-search/>. (Disponible en anglais seulement).

[BADA] Base of Aircraft Data (BADA). 2019. Version 3.15. France. Eurocontrol Experimental Centre. Disponible à l'adresse : www.eurocontrol.int. (Disponible en anglais seulement).

Canadian Facts. 1997. *Residential Fuelwood Combustion in Canada. Canadian Facts*. Préparé aux fins de l'inventaire national des émissions et pour l'équipe de projet. Toronto (Ontario). CF Group Inc.

[CEEDC] Canadian Energy and Emissions Data Centre. Sans date. Database on Energy, Production and Intensity Indicators for Canadian Industry [Consulté le 23 déc. 2019]. NAICS 2122 Metal Ore Mining and NAICS 2123 Non-metallic Mineral Mining and Quarrying. [Mentionné le 17 nov. 2020]. Disponible à l'adresse : <https://cieedacdb.rem.sfu.ca/naics-database-download/>. (Disponible en anglais seulement).

[CEEDC] Canadian Energy and Emissions Data Centre. Sans date. Database on Energy, Production and Intensity Indicators for Canadian Industry. NAICS 327310 Cement Manufacturing. [Consulté le 23 déc. 2019]. Disponible à l'adresse : <https://cieedacdb.rem.sfu.ca/>. (Disponible en anglais seulement).

Cheminfo Services Inc., et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a national inventory of greenhouse gas and fugitive VOC emissions by the Canadian coal mining industry*. Rapport final présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.

DesRosiers. Canadian Vehicles in Operation Census (CVIOC). Rapports annuels préparés par DesRosiers Automotive Consultants.

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2018a. *Off-road Equipment Analysis – Snowmobiles*. Rapport inédit, préparé par B. Greenlaw, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2018b. *Off-road Equipment Analysis – Oil Sands Mining Equipment*. Rapport inédit, préparé par B. Greenlaw, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020. *Residential fuelwood consumption in Canada*. Rapport inédit, préparé par J. Kay, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (Québec).

[FAA] Federal Aviation Administration. 2018. *Air Traffic Organization Policy - Aircraft Type Designators*. Order JO 7360.1D. U.S. Department of Transportation.

[FAA] Federal Aviation Administration (FAA). 2020. *FAA Airports*. Disponible à l'adresse : <https://www.faa.gov/airports>.

Fleming, Gregg. 2008a. Canada OD Pairs grt10flts.xls. Federal Aviation Administration. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Fleming, Gregg. 2008b. SAGE Airport Codes and Locations. Federal Aviation Administration. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Fleming, Gregg. 2008c. CAEP8 Goals Operations Round1. Modeling and Database Task Force. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, directeurs. Kanagawa (Japon), Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible à l'adresse : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.

Gonzalez, J.S. 1990. *Wood Density of Canadian Tree Species*. Forestry Canada, Northwest Region. Northern Forestry Centre. Edmonton, AB. Information Report NOR-X-315. 130 p.

Hagstrom, Martin. 2010. TPengs FOI orig comp data 031105 corr 071129 Jason Hickey 13 juin 2010. Stockholm, Suède. Department of Systems Technology, Swedish Defence Research Agency. Ensemble de données. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Jessome, A.P. 2000. *Strength and Related Properties of Woods Grown in Canada*. Forintek Canada Corp. Publication SP-114E. 37 p.

NAV Canada. 2009. *Supplément de vol Canada*. Ottawa (Ontario) : NAV Canada.

NAV Canada. 2018a. *Airport IATA and ICAO codes*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2018b. *Supplément hydroaérodromes – Canada - En vigueur du 29 mars 2019 au 25 avril 2019*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2019a. *Supplément de vol Canada – En vigueur du 15 août 2019 au 10 octobre 2019*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2019b. *Supplément hydroaérodromes – Canada – En vigueur du 25 avril 2019 au 26 mars 2020*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

NAV Canada. 2020. *Canada water aerodrome supplement – En vigueur du 31 décembre 2020 au 25 février 2021*. NAV Canada, Ottawa (Ontario).

[OACI] Organisation de l'aviation civile internationale. 2016. DOC 8643 – Indicateurs de type d'aéronef .

[OACI] Organisation de l'aviation civile internationale. 2019. Engine Emissions Databank. Version 26B. Civil Aviation Authority. Disponible à l'adresse : <http://easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>.

[OACI] Organisation de l'aviation civile internationale. 2020. ICAO Aircraft Type Designators. Disponible à l'adresse : <https://www.icao.int/publications/doc8643/pages/search.aspx>. (Disponible en anglais seulement).

Oak Leaf Environmental Inc. 2019. *Amélioration et mise à jour du modèle d'émissions NONROAD2012C*. Rapport préliminaire. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[OFAC] Office fédéral de l'aviation civile. 2007. *Émissions des moteurs d'aéronefs à piston : rapport récapitulatif*. Confédération suisse, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication. 13 juin 2007. N° au catalogue 0/3/33/33-05-003.022.

Polk, R. L. 2013. Vehicles in Operation (VIO) Database. Compilé par R.L. Polk and Co., Southfield, Michigan, États-Unis.

Statistique Canada. Sans date[a]. *Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie*. Tableaux 25-10-0024-01 et 25-10-0025-01. Disponibles à l'adresse : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5047&Item_Id=44545&lang=en%20.

Statistique Canada. Sans date[b]. *Consommation des combustibles pour la production d'électricité, centrales thermiques des services d'électricité*. Tableau 25-10-0017-01. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=2196.

Statistique Canada. Bases de données de CANSIM, tableau 405-0001 : Immatriculations de véhicules automobiles routiers, remorque et motoneige, terminé, annuel (nombre). Disponible à l'adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310023501>.

Statistique Canada. *Enquête sur les véhicules au Canada (EVC) : 2000-2009*, n° 53-223-XIF au catalogue. Disponible à l'adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/catalogue/53-223-X>. (Disponible en anglais seulement).

Statistique Canada. 1990-. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (publication annuelle), n° 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X>.

Statistique Canada. 1997. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages*. Disponible à l'adresse : 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 à l'adresse : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=22916.

Statistique Canada. 2007. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible à l'adresse : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=44902.

Statistique Canada. 2015a. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible à l'adresse : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=247867.

Statistique Canada. 2015b. *Tableau 23-10-0235-01 Immatriculations de véhicules automobiles routiers, remorque et motoneige*. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310023501&request_locale=fr

Statistique Canada. 2017. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible à l'adresse : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=433427.

Statistique Canada. 2019. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible à l'adresse : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=1255380.

Statistique Canada. 2020. *Tableau 23-10-0067-01 Immatriculations de véhicules, par type de véhicule, inactif*. Disponible à l'adresse : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310006701&request_locale=fr

[SRMA] Statistiques relatives aux mouvements d'aéronefs. 2020. Extraits d'une base de données de Statistique Canada, de 1996 à 2019; personnel de Transports Canada pour les années de 1990 au 31 octobre 1996. Ottawa (Ontario) : Statistique Canada.

Stewart Brown Associates. 2013. Kilometre Accumulation Rates in British Columbia and Ontario. Préparé pour Environnement Canada.

[TNS] TNS Canadian Facts. 2006. *Residential Fuelwood Combustion in Canada*. Présenté à Environnement Canada. Report C1077/BT. TNS Global, Toronto (Ontario).

[TNS] TNS Canada. 2012. *Residential Fuelwood Combustion in Canada*. Presented to Natural Resources Canada. Report 1381/BT. TNS Global, Toronto (Ontario).

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency (Agence de protection de l'environnement des États-Unis). 2017. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2015. Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC).

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency (Agence de protection de l'environnement des États-Unis). 2021. *MOVES Versions in Limited Current Use*. Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC). Disponible à l'adresse : <https://www.epa.gov/moves/moves-versions-limited-current-use>.

[WBCSD] World Business Council for Sustainable Development. 2005. CO2 Emissions Inventory Protocol. Version 2.0. Cement Sustainability Initiative.

Wiesen P., J. Kleffmann, R. Kurtenbach et K.H. Becker. 1994. Nitrous Oxide and Methane Emissions from Aero Engines. *Geophysical Research Letters*, vol. 21, n° 18: 2027-2030.

World Airport Codes. 2020. World Airport Codes Online Database. Disponible à l'adresse : <https://www.world-airport-codes.com/>. (Disponible en anglais seulement).

Annexe 3.2, Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

[AB]. Gouvernement de l'Alberta. 2018. *Methane Emission Reduction Regulation*. A.R. 244/2018. 12 décembre 2018. Disponible en ligne : https://open.alberta.ca/dataset/2018_244 (en anglais seulement).

[AB]. Gouvernement de l'Alberta. 2021. Alberta Township Survey System. [consulté le 14 janvier 2021]. Disponible en ligne : <https://www.alberta.ca/alberta-township-survey-system.aspx> (en anglais seulement).

[ACG]. Association canadienne du gaz. 1997. *1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry*. Calgary (Alberta) : Radian International LLC.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. *CH₄ and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry*, Vol. 1 et 2. Publication N° 1999-0010. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005a. *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry*, Vol. 1-5. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005b. *Extrapolation of the 2000 UOG Emission Inventory to 2001, 2002 and 2003*. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2006. *An Inventory of GHGs, CACs, and H₂S Emissions by the Canadian Bitumen Industry: 1990 to 2003*. Vol. 1-3. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2007. *Best management practice - Management of fugitive emissions at upstream oil and gas facilities*. Disponible en ligne : <https://infratech.cc/wp-content/uploads/2015/02/CAPP-BMPFEM.pdf> (en anglais seulement).

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2014. *Update of fugitive equipment leak emission factors*. Préparé par Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2022. *Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry*. [consulté le 22 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.capp.ca/resources/statistics/> (en anglais seulement).

Advisian Ltd. 2019. *Oil and gas inventory information enhancement and economic analysis study: Field data gather and interpret report*. Préparé pour le ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. Calgary (Alberta).

[AEP]. Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta. 2022. 2020 Methane Emissions Management from the Upstream Oil and Gas Sector in Alberta. Publié en janvier 2022. Disponible en ligne : <https://open.alberta.ca/publications/methane-emissions-management-upstream-oil-and-gas-sector> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 1990–. *Alberta mineable oil sands plant statistics, monthly supplement*. 2009–2021. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st39> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2000–2021. *Upstream Petroleum Industry Flaring and Venting Report*. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st60b> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2020. *ST50A: Gas processing plants in Alberta*. [consulté le 30 juin 2020]. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st50.html> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022a. *Alberta Energy Resource Industries Monthly Statistics, Gas Supply and Disposition*. [mis à jour le 12 avril 2022; consulté le 17 mai 2022]. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st3.html> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022b. *Alberta's Energy Reserves and Supply/Demand Outlook*. [mis à jour en mai 2022; consulté en mai 2022]. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st98.html> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022c. *AER Compliance Dashboard – Incidents*. [consulté le 4 novembre 2022]. Disponible en ligne : <http://www1.aer.ca/compliancedashboard/incidents.html> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022d. *Well vent flow/gas migration report*. [consulté le 14 novembre 2022]. Disponible en ligne : <https://www1.aer.ca/productcatalogue/365.html> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022e. *Directive 017: Measurement requirements for oil and gas operations*. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/regulating-development/rules-and-directives/directives/directive-017> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022f. *Upstream Petroleum Industry Emissions Report*. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st60b> (en anglais seulement).

[AER]. Alberta Energy Regulator. 2022g. *ST37: List of Wells in Alberta*. [consulté le 21 avril 2022]. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/providing-information/data-and-reports/statistical-reports/st37.html> (en anglais seulement).

[API]. American Petroleum Institute. 2017. Using the Greenhouse Gas Reporting Program (GHGRP) data to improve the National Greenhouse Gas Emissions Inventory for Petroleum and Natural Gas Systems.

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2019. *Production and Distribution of Natural Gas in BC*. [consulté le 5 juillet 2019]. Disponible en ligne : <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/natural-gas-oil/statistics> (en anglais seulement).

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2020. *B.C. Gas plant/dehydrator report*. [consulté le 22 juillet 2020]. Disponible en ligne : <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/natural-gas-oil/statistics> (en anglais seulement).

[BC]. Gouvernement de la Colombie-Britannique. 2021. *Oil and Gas Activities Act - Drilling and Production Regulation*. B.C. Reg. 282/2010. [modifié le 4 mars 2021]. Disponible en ligne : https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/282_2010 (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2018. *BC historical facility report*. Fourni par la BCOGC à Environnement et Changement climatique Canada [23 octobre 2018].

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2019. *Air Summary Report*.

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2021. *BC Measurement Guideline, Version 2.3: November, 2021*. Disponible en ligne : <https://www.bcogc.ca/files/operations-documentation/Oil-and-Gas-Operations-Manual/Supporting-Documents/BC-Measurement-Guideline.pdf> (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022a. *Drilling Kicks and Blowouts by Area*. [consulté le 4 novembre 2022]. Disponible en ligne : https://reports.bc-er.ca/plogc/Ogc_Admin.ogc_home_page?p_ct=12072023061451 (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022b. *Petrinex volumetric data*. Fourni par la BCOGC à Environnement et Changement climatique Canada [6 mai 2022].

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022c. *Leak, Detection and Repair Data for Wells and Facilities* [BCOGC-87988]. [consulté le 1^{er} avril 2022]. Disponible en ligne : <https://www.bcogc.ca/data-reports/data-centre/?category=41240> (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022d. *Surface casing vent flow database*. [consulté le 25 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://reports.bcogc.ca/ogc/f?p=AMS_REPORTS:SCVF (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022e. *Well index report*. [consulté le 18 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://iris.bcogc.ca/download/well_index.csv (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022f. *Well surface abandonment report*. [consulté le 25 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://reports.bcogc.ca/ogc/app001/r/ams_reports/well-surface-abandonments (en anglais seulement).

[BCOGC]. British Columbia Oil and Gas Commission. 2022g. *Well Surface Hole Locations*. [consulté le 3 juin 2022]. Disponible en ligne : <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=9149cb556e694617970a5774621af8be> (en anglais seulement).

Bowman, L., El Hachem, K., Boutot, J., Kang, M. 2022. Methane emissions from abandoned and suspended oil and gas wells in Alberta. Université McGill (Québec) : Génie civil. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

Carbon Limits. 2017. *Statistical analysis of leak detection and repair in Canada - Extension*. Préparé pour Environnement Canada. Avril 2017.

Cenovus Energy. 2022. *Lloydminster upgrader throughput*. Rapport inédit. Fourni par Cenovus Energy à Environnement et Changement climatique Canada [2 novembre 2022].

Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a National Inventory of Greenhouse Gas and Fugitive VOC Emissions by the Canadian Coal Mining Industry*. Rapport final soumis à la Section de l'énergie, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Clearstone Engineering Ltd. et Université Carleton. 2018. *Update of equipment, component and fugitive emission factors for Alberta upstream oil and gas*. Préparé pour l'Alberta Energy Regulator par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (Alberta).

Clearstone Engineering Ltd. 2019. *2018 Alberta upstream oil & gas methane emissions inventory and methodology*. Préparé pour l'Alberta Energy Regulator par Clearstone Engineering Ltd. Calgary (Alberta).

[EC]. Environnement Canada. 2014. *Technical Report on Canada's Upstream Oil and Gas Industry*. Vol. 1-4. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2017. *An Inventory of GHG, CAC and Other Priority Emissions by the Canadian Oil Sands Industry: 2003 to 2015*. Vol. 1-3. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2018. *Règlement concernant la réduction des rejets de méthane et de certains composés organiques volatils (secteur du pétrole et du gaz en amont)* (DORS/2018-66). Disponible en ligne : <https://pollution-dechets.canada.ca/registre-protection-environnementale/reglements/visualiser?Id=146>.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Accord d'équivalence Canada-Alberta concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-alberta-methane-petrole-gaz.html>.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Accord d'équivalence Canada-Colombie-Britannique concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-colombie-britannique-methane-petrole-gaz.html>.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2020c. *Accord d'équivalence Canada-Saskatchewan concernant les émissions de méthane du secteur du pétrole et du gaz, 2020*. Disponible en ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/accords/equivalence/canada-saskatchewan-methane-petrole-gaz.html>.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2022a. Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations/donnees.html>.

[ECCC]. Environnement et Changement climatique Canada. 2022b. *Upstream oil and gas fugitive emissions model: Methodology and documentation*. Rapport inédit.

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 : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153491> (en anglais seulement).

[EUB]. Alberta Energy and Utilities Board. 2003. *ID 2003-01: Surface casing venting flow/gas migration testing, reporting, and repair requirements*. Disponible en ligne : <https://www.aer.ca/regulating-development/rules-and-directives/directives/id-2003-01> (en anglais seulement).

[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, Tanabe K (éd.). Institut des stratégies environnementales mondiales, Kanagawa (Japon). 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 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (éd.). GIEC (Suisse). Disponible en ligne : <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/> (en anglais seulement).

GreenPath Energy Ltd. 2016. *Modelling Inputs for Upstream Oil and Gas Methane Emission Sources*. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[GRI]. Gas Research Institute. 2000. *Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada*. Austin (Texas) : Radian International LLC.

Hollingshead, B. 1990. *Methane Emissions from Canadian Coal Operations: A Quantitative Estimate*. Rapport CI 8936. Devon (Alberta) : Coal Mining Research Company.

Husky Energy Inc. 1998–2019. *Husky Energy Annual Reports*. Disponible en ligne : <https://huskyenergy.com/investors/reports-filings.asp> (en anglais seulement).

[ICPP]. Institut canadien des produits pétroliers. 2004. *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production*. Calgary (Alberta) : Levelton Consultants Ltd., avec Purvin & Gertz Inc.

King B. 1994. *Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, Engineering, Economic and Institutional Implications of Options*. Rapport préparé par Neill and Gunter pour Environnement Canada.

[MBRNDN]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba. 2022a. Petroleum Industry Spill Statistics. [mis à jour le 19 octobre 2022; consulté le 19 octobre 2022]. Disponible en ligne : <http://www.gov.mb.ca/iem/petroleum/stats/spills.html> (en anglais seulement).

[MBRNDN]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba. 2022b. Petrinex volumetric data. Fourni par le MBADR à Environnement et Changement climatique Canada [8 novembre 2022].

[MBRNDN]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba. 2022c. Production reports. [consulté le 22 octobre 2022]. <https://www.gov.mb.ca/iem/petroleum/reports/index.html> (en anglais seulement).

[MBRNDN]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement du Nord du Manitoba. 2022d. Petroleum Statistics: Unique Well Identifier Key List. [consulté le 25 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.manitoba.ca/iem/petroleum/reports/index.html> (en anglais seulement).

[NBRNDÉ]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick. 2020. Well Listing. Rapport inédit. Fourni par le NBRNDÉ à Environnement et Changement climatique Canada [21 mai 2020].

[NBRNDÉ]. Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'énergie du Nouveau-Brunswick. 2022. Statistiques mensuelles sur 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.

[NWTMI]. Ministère de l'Infrastructure des Territoires du Nord-Ouest. 2022. Annual fossil and synthetic natural gas consumption. Données inédites. Fourni par le NWTMI à Environnement et Changement climatique Canada [4 octobre 2022].

[OCNEHE]. Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers. 2019. Production data. [consulté le 7 novembre 2019]. Disponible en ligne : <https://www.cnsopb.ns.ca/resource-library/weekly-activity-reports> (en anglais seulement).

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 1997–. *Données récapitulatives sur la production du champ Hibernia par puits*. Disponible en ligne : <https://www.ctnlohe.ca/information/donnees-statistiques/>.

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2002–. *Données récapitulatives sur la production du champ de Terra Nova par puits*. Disponible en ligne : <https://www.ctnlohe.ca/information/donnees-statistiques/>.

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2005–. *Données récapitulatives sur la production du champ de White Rose par puits*. Disponible en ligne : <https://www.ctnlohe.ca/information/donnees-statistiques/>.

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2010–. *Données récapitulatives sur la production du champ North Amethyst par puits*. Disponible en ligne : <https://www.ctnlohe.ca/information/donnees-statistiques/>.

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2017–. *Données récapitulatives sur la production du champ Hebron par puits*. Disponible en ligne : <https://www.ctnlohe.ca/information/donnees-statistiques/>.

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2022a. *Statistiques sur l'environnement – Fréquence et volume des déversements – Résumé annuel*. [mis à jour le 20 mai 2022; consulté le 2 novembre 2022]. Disponible en ligne : https://www.cnlopb.ca/wp-content/uploads/spill/sumtab_fr.pdf.

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2022b. *Monthly Gas Flaring, Injection and Fuel Volumes by Facility*. Rapport inédit. Fourni par l'OCTLHE à Environnement et Changement climatique Canada [13 avril 2022].

[OCTLHE]. Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2022c. *Schedule of Wells Summary*. [consulté le 18 novembre 2022]. Disponible en ligne : <https://home-cnlopb.hub.arcgis.com/> (en anglais seulement).

[OGSRL]. Oil, Gas & Salt Resources Library. 2022. Petroleum Well Data – Ontario. [consulté le 21 novembre 2022]. Disponible en ligne : http://www.ogsrlibrary.com/data_free_petroleum_ontario (en anglais seulement).

ORTECH Consulting Inc. 2013. *Canadian Natural Gas Companies 2005 and 2011 Greenhouse Gas and Criteria Air Contaminant Inventory Report and Validation by Audit*. Guelph (Ontario) : CEPEI.

Petrinex. 2022a. *Alberta Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data*. [cité le 31 mars 2022]. Disponible en ligne : <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx> (en anglais seulement).

Petrinex. 2022b. *Saskatchewan Public Data - Monthly Conventional Volumetric Data*. [cité le 31 mars 2022]. Disponible en ligne : <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx> (en anglais seulement).

Petrinex. 2022c. Alberta Facility Licence. [consulté le 18 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx> (en anglais seulement).

Petrinex. 2022d. Saskatchewan Facility Infrastructure. [consulté le 18 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/SPD.aspx> (en anglais seulement).

Petrinex. 2022e. *Alberta Well infrastructure*. [consulté le 18 octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx> (en anglais seulement).

Prasino Group. 2013. Final Report for Determining Bleed Rates for Pneumatic Devices in British Columbia. Décembre 2013.

[QCMERN]. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec. 2021. *Rapport sur l'état des puits d'hydrocarbures inactifs au Québec*. [cité le 17 novembre 2022]. Disponible en ligne : https://mrnf.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/RA_etat_puits_hydrocarbure_inactifs_MERN.pdf.

[REC]. Régie de l'énergie du Canada. 2022. *Avenir énergétique du Canada en 2021*. [consulté le 3 novembre 2022]. Disponible en ligne : <https://apps.cer-rec.gc.ca/ftprpndc/dflt.aspx?GoCTemplateCulture=fr-CA>.

[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 : https://oe.e.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/tableaux_complets/liste.cfm.

[SK]. Gouvernement de la Saskatchewan. 2020. *The Oil and Gas Emissions Management Regulations (OGEMR)* [modifié en 2020]. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/92804/formats/109853/download> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 1990–2008. *Mineral Statistics Yearbook*. Petroleum and Natural Gas. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/#/products/82350> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2009–2011. *Annual Petroleum Statistics*. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2540> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2019. *Guideline PNG035: Estimating venting and fugitive emissions, Version 1.0*. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/103639/formats/114982/download> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2020. *Directive PNG017: Measurement requirements for oil and gas operations, Revision 4.0*. Septembre 2020. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/105418/formats/117680/download> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012– [a]. *Crude Oil Volume and Value Summary*. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/1241> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012– [b]. *Natural Gas Volume and Value Summary*. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/1242> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2012– [c]. *Saskatchewan Fuel, Flare and Vent*. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2541> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2013– . *Gas plant reports*. Disponible en ligne : <https://publications.saskatchewan.ca/#/categories/2542> (en anglais seulement).

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2021. *Gas composition by production class*. Inédit. Fourni à Environnement et Changement climatique Canada [13 juillet 2021].

[SKER]. Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan. 2022. *Saskatchewan Upstream Oil and Gas IRIS Incident Report*. [consulté le 2 novembre 2022]. Disponible en ligne : <http://publications.saskatchewan.ca/api/v1/products/78193/formats/87695/download> (en anglais seulement).

Spartan Controls. 2018. *Pneumatic vent gas measurement*. Préparé pour la Petroleum Technology Alliance of Canada (PTAC).

Statistique Canada. 1990 – . *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. N° 57-003-X au catalogue. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X>.

Statistique Canada. 1999–2002. *Statistiques du charbon et du coke*. N° 45-002-X au catalogue. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/45-002-X>.

Statistique Canada. 2022. Longueur des gazoducs, par province. Données inédites. Fourni à Environnement et Changement climatique Canada [mai 2022].

Statistique Canada. Sans date [a]. Tableau 25-10-0047-01 (anciennement CANSIM 131-0001) – Gaz naturel, approvisionnements et utilisations, mensuel. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510004701&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date [b]. Tableau 25-10-0055-01 (anciennement CANSIM 131-0004) – Approvisionnement et utilisations du gaz naturel, mensuel. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510005501&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date [c]. Tableau 25-10-0014-01 (anciennement CANSIM 126-0001) – Pétrole brut et équivalents, approvisionnement et utilisation, mensuel. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001401&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date [d]. Tableau 25-10-0063-01 (anciennement CANSIM 126-0003) – Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510006301&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date [e]. Tableau 25-10-0057-01 (anciennement CANSIM 129-0005) – Entreposage du gaz naturel canadien, Canada et provinces, mensuel. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510005701&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date [f]. Tableau 25-10-0032-01 (anciennement CANSIM 129-0002) – Gaz naturel, arrivages et utilisation, mensuel. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510003201&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date [g]. Tableau 25-10-0033-01 (anciennement CANSIM 129-0003) – Gaz naturel, ventes mensuelles. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510003301&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date [h]. Tableau 25-10-0059-01 (anciennement CANSIM 129-0007) – Distribution du gaz naturel canadien mensuelle, Canada et provinces. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510005901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date [i]. Tableau 17-10-0005-01 (anciennement CANSIM 051-0001) – Estimations de la population au 1^{er} juillet, par âge et sexe. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501&request_locale=fr.

[StatNWT]. Bureau de la statistique des Territoires du Nord-Ouest. 2022a. Population estimates by community – Norman Wells. Disponible en ligne : <https://www.statsnwt.ca/population/population-estimates/bycommunity.php> (en anglais seulement).

[StatNWT]. Bureau de la statistique des Territoires du Nord-Ouest. 2022b. Total Gas Production and Total Oil Production. [consulté en octobre 2022]. Disponible en ligne : <https://www.statsnwt.ca/economy/oil-gas/> (en anglais seulement).

Tyner, D., et M. Johnson. 2020. Improving Upstream Oil and Gas Emissions Estimates with Updated Gas Composition Data. Université Carleton (Ontario) : Energy and Emissions Research Laboratory (EERL). Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.

[US EPA]. Environmental Protection Agency des États-Unis. 1995. Protocol for equipment leak emission estimates.

[US EPA]. Environmental Protection Agency des États-Unis. 2004. Methane Emissions from Abandoned Coal Mines in the United States: Emission Inventory Methodology and 1990-2002 Emissions Estimates.

Williams, J., Regehr, A., 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 : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c04265?ref=pdf> (en anglais seulement).

[YK]. Gouvernement du Yukon. 2020. Energy, Mines and Resources: Yukon Well Listing. [mis à jour en mai 2014; consulté le 26 octobre 2020]. Disponible en ligne : <https://yukon.ca/en/yukon-well-listing> (en anglais seulement).

Annexe 3.3, Methodology for the Industrial Processes and Product Use Sector

Association canadienne des producteurs d'acier (ACPA). 2013–2018. *Annual canadian iron and steel production and disposition data*. Données non publiées.

Cheminfo Services. 2005a. *Improvements to Canada's greenhouse gas emissions inventory related to non-energy use of hydrocarbon products*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2005b. *Improving and updating industrial process-related activity data and methodologies used in Canada's greenhouse gas inventory, hydrofluorocarbons (HFCs)*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Cheminfo Services. 2006. *Improvements and updates to certain industrial process and solvent use-related sections in Canada's greenhouse gas inventory*. Rapport non publié. Cheminfo Services Inc., Markham (Ontario).

Environmental Health Strategies Inc. (EHS). 2013. *Report on emission factors for HFCs in Canada*. Rapport non publié. Environmental Health Strategies Inc., Toronto (Ontario). Préparé pour Environnement Canada.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2015a. Données de 2008–2012 sur les ventes de HFC recueillies conformément à l'Avis concernant les hydrocarbures, publié dans la *Gazette du Canada*, Partie 1, vol. 148, n° 16, p. 920–930, en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Division de la mobilisation et du développement de programmes. Données non publiées, confidentielles.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2015b. *Review of country-specific HFCs emission estimations in the refrigeration and air conditioning sectors*. Rapport non publié. Ottawa (Ontario).

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2016a. Données de 2013–2014 sur les ventes de HFC recueillies conformément à l'Avis concernant les hydrocarbures en vrac, publié dans la *Gazette du Canada*, Partie 1, vol. 150, n° 1, p. 7 à 13, en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Division de la mobilisation et du développement de programmes. Données non publiées, confidentielles.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2016b. Données de 2015 sur les ventes de HFC recueillies conformément à l'Avis concernant les hydrocarbures en vrac, publié dans la *Gazette du Canada*, Partie 1, vol. 150, n° 24, p. 1816–1823, en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Division de la mobilisation et du développement de programmes. Données non publiées, confidentielles.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2017. Tableau 1: Installations du secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite en vertu de du paragraphe 56(1) de la *Loi sur la protection de l'environnement du Canada (1999)*: Avis obligeant l'élaboration et l'exécution de plans de prévention de la pollution à l'égard de certaines substances toxiques rejetées par le secteur du fer, de l'acier et de l'ilménite. *Gazette du Canada*, Partie I, vol. 150, n° 22. Disponible en ligne : <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2017/2017-05-06/html/sup2-fra.html>.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2022. Données de 2017-2021 sur les importations et les exportations de HFC en vrac recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* et du *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement publié dans la Gazette du Canada*, Partie II, vol. 150, n° 13, p. 1613–1678. Protection de la couche d'ozone et contrôles d'exportation. Données non publiées, confidentielles.

Environnement Canada (EC) et Association canadienne de l'électricité. 2008. *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF₆ pour les services d'électricité*. Disponible en ligne : <http://www.publications.gc.ca/site/fra/9.698565/publication.html>.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). 2006. *Lignes directrices 2006 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>.

McCann TJ. 2000. *1998 fossil fuel and derivative factors*. Rapport non publié. Préparé par TJ McCann and Associates pour Environnement Canada.

Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES). 2018-2021. *Données élargies propres au secteur*. Données non publiées.

Ressources naturelles Canada (RNC). 1990–2006. *Annuaire des minéraux du Canada*. Secteur des minéraux et des métaux, annuel. Ressources naturelles Canada (publication révolue).

Ressources naturelles Canada (RNC). 2007–2019. *Canada, production of limestone – stone*. Données non publiées. Ressources naturelles Canada, Division de la statistique sur les minéraux et l'activité minière.

Statistique Canada. 1990–2003. *Fer et acier primaire, mensuel*. N° 41-001-XIB au catalogue (publication révolue).

Statistique Canada. 1990–2021a. *Tableau 16-10-0041-01 Produits chimiques industriels et de résines synthétiques production, données annuelle*. Disponible en ligne (seulement de 2008 à 2021) : DOI : <https://doi.org/10.25318/1610004101-fra>.

Statistique Canada. 1990–2021b. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. N° 57-003-XIB 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. Publication mensuelle*. N° 41-019-X au catalogue (publication révolue).

Annex 3.4, Methodology for the Agriculture Sector

AAFRD. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2001. *Alberta Cow–Calf Audit, 1997/1998 Production indicators and management practices over the last 10 years*. Edmonton (AB).

AAFRD et Université de l'Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development and University of Alberta. 2003. *Development of a farm-level greenhouse gas assessment: Identification of knowledge gaps and development of a science plan* [consulté le 4 décembre 2015]. AARI, projet n° 2001J204. Disponible en ligne : [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/c19706/\\$FILE/ghgreport.pdf](http://www1.agric.gov.ab.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/c19706/$FILE/ghgreport.pdf) (en anglais seulement).

Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba. 2000. *Manitoba cattle on feed 1999/2000*. Market Analysis and Statistics Section, Program and Policy Analysis Branch, Manitoba Agriculture and Food.

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2018. *Facteurs de conversion pour le marché des viandes rouges*. Disponible en ligne : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges/abattages-poids-carcasses/facteurs-conversion>.

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Sans date (a). *Information sur le marché des viandes rouges* [consulté le 31 octobre 2018]. Disponible en ligne : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteur/production-animale/information-marche-viandes-rouges>.

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Sans date (b). *Rapport des poids moyens de carcasses chaudes* [consulté le 26 octobre 2021]. Disponible en ligne : <https://agriculture.canada.ca/fr/systeme-information-marches/rp/index-fra.cfm?action=pR&r=635&pdctc=>.

AEE. Agence européenne pour l'environnement. 2019. EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook 2019. Rapport technique n° 13/2019. Copenhague (Danemark) : Agence européenne pour l'environnement. Disponible en ligne : <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019> (en anglais seulement).

Appuhamy, J.A.D.R.N., J. France et E. Kebreab. 2016. Models for predicting enteric methane emissions from dairy cows in North America, Europe, and Australia and New Zealand. *Global Change Biology*, 22(9): 3039–3056.

Arrouays, D., N. Saby, C. Walter, B. Lemerrier et C. Schvartz. 2006. Relationships between particle-size distribution and organic carbon in French arable topsoils. *Soil Use Management*, 22: 48–51.

Baral, K.R., S. Jayasundara, S. Brown et C. Wagner-Riddle. 2022. Long-term variability in N₂O emissions and emission factors from corn and soybeans induced by weather and management. *Science of the Total Environment*, 815.

Beauchemin, K.A., et S.M. McGinn. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science*, 83: 653–661.

Beauchemin, K.A., et S.M. McGinn. 2006. Enteric methane emissions from growing beef cattle as affected by diet and level of intake. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(3): 401–408.

Beauchemin, K.A., S.M. McGinn, C. Benchaar et L. Holtshausen. 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 92: 2118–2127.

Boadi, D.A., K.H. Ominski, D.L. Fulawka et K.M. Wittenberg. 2004a. *Improving estimates of methane emissions associated with enteric fermentation of cattle in Canada by adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tier-2 methodology*, rapport final. Présenté par le Département de zootechnie, Université du Manitoba, à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada. Winnipeg (MB) : Université du Manitoba.

Boadi, D.A., et K.M. Wittenberg. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer gas technique. *Canadian Journal of Animal Science*, 82: 201–206.

Boadi, D.A., K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2002. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF₆) tracer gas technique. *Canadian Journal of Animal Science*, 82: 151–157.

Boadi, D.A., K.M. Wittenberg, S.L. Scott, D. Burton, K. Buckley, J.A. Small et K.H. Ominski. 2004b. Effect of low and high forage diet on enteric and manure pack greenhouse gas emissions from a feedlot. *Canadian Journal of Animal Science*, 84: 445–453.

Bouwman, A.F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46: 53–70.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans et N.H. Batjes. 2002a. Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available data. *Global Biogeochemical Cycles*, 16: 6–1–6–13.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans et N.H. Batjes. 2002b. Estimation of global NH₃ volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grassland. *Global Biogeochemical Cycles*, 16: 8.10–8.15.

BPR-Infrastructure inc. 2008. *Suivi 2007 du Portrait agroenvironnemental des fermes du Québec* [consulté le 4 décembre 2015]. Présenté à : ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Union des producteurs agricoles et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Publications/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7B3fcc5e09-ea9f-4cfa-a4db-91beff2a993b%7D>.

Canfax Research Services. 2009. *Trends, Cycles and Seasonality in the Cattle Industry*. Canadian Cattlemen's Association. Calgary (Alberta). 36 p.

- CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2010. *Un examen de l'actuel cadre législatif des biosolides municipaux au Canada*. Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). PN 1447. ISBN 978-1896997-96-4 PDF. 73 p.
- Chadwick, D.R., R.W. Sneath, V.R. Phillips et B.F. Pain. 1999. A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. *Atmospheric Environment*, 33: 3345–3354.
- Chai, L., R. Kröbel, D. MacDonald, S. Bittman, K.A. Beauchemin, H.H. Janzen, S.M. McGinn et A. Vanderzaag. 2016. An ecoregion-specific ammonia emissions inventory of Ontario dairy farming: Mitigation potential of diet and manure management practices. *Atmospheric Environment*, 126: 1–14.
- Chang, C., et H.H. Janzen. 1996. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. *Journal of Environmental Quality*, 25: 785–790.
- Chaves, A.V., L.C. Thompson, A.D. Iwaasa, S.L. Scott, M.E. Olson, C. Benchaar, D.M. Veira et T.A. McAllister. 2006. Effect of pasture type (alfalfa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(3): 409–418.
- Cheminfo Services Inc. 2017. *Étude sur les pratiques typiques de gestion et d'élimination des boues d'épuration au Canada et sur les répercussions de ces pratiques sur les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux*. Rapport interne. Gatineau (Québec) : Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Christensen, D.A., G. Steacy et W.L. Crowe. 1977. Nutritive value of whole crop cereal silages. *Canadian Journal of Animal Science*, 57: 803–805.
- Coote, D.R., B.C. Liang et E.C. Huffman. 2008. *Crop residue burning in Canada*. Gatineau (Québec) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Corre, M.D., D.J. Pennock, C. Van Kessel et D.K. Elliott. 1999. Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional Grassland–Forest region in Saskatchewan, Canada. *Biogeochemistry*, 44: 29–49.
- Corre, M.D., C. Van Kessel et D.J. Pennock. 1996. Landscape and seasonal patterns of nitrous oxide emissions in a semiarid region. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1806–1815.
- CRAAQ. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 1999. *Chèvres laitières—Budget : Production laitière*. Agdex 435/821.
- Crystal Ball® [DVD]. 2000. Denver (Colorado) : Decisioneering Inc. [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : <http://www.crystalball.com> (en anglais seulement).
- da Silva, A.P., et B.D. Kay. 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of American Journal*, 61: 877–883.
- Dad, K, A.K. Wahid, A.A. Khan, A. Anwar, M. Ali, N. Sarwar, S. Ali, A. Ahmad, M. Ahmad, K.A. Khan et al. 2018. Nutritional status of different biosolids and their impact on various growth parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26: 1423–1428.
- Desjardins R.L., D.E. Worth, E. Pattey, A. VandenZaag, R. Srinivasan, D. Worthy, C. Sweeney et S. Metzger. 2018. The challenge of reconciling bottom-up agricultural methane emissions inventories with top-down measurements. *Agricultural and Forest Meteorology Journal*, 248: 48–59.
- Dobbie, K.E., I.P. McTaggart et K.P. Smith. 1999. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: Variations between crops and seasons, key driving variables and mean emission factors. *Journal of Geophysical Research*, 104: 26891–26899.
- EDI. Environmental Dynamics Inc. 2017. *Beneficial Reuse of Biosolids Jurisdictional Review: Final report* [consulté le 25 mai 2019]. Rapport inédit. Victoria (BC) : Environmental Dynamics Inc. Préparé pour le District régional de la capitale. Disponible en ligne : https://www.crd.bc.ca/docs/default-source/irm-reports/consolidationreportnov17/appendixq.pdf?sfvrsn=d99609ca_2 (en anglais seulement).
- Ellis, J.L., A. Bannink, J. France, E. Kebreab et J. Dijkstra. 2010. Evaluation of enteric methane prediction equations for dairy cows used in whole farm models. *Global Change Biology*, 16: 3246–3256.
- Ellis, J.L., E. Kebreab, N.E. Odongo, K. Beauchemin, S. McGinn, J.D. Nkrumah, S.S. Moore, R. Christopherson, G.K. Murdoch, B.W. McBride et al. 2009. Modeling methane production from beef cattle using linear and nonlinear approaches. *Journal of Animal Science*, 87: 1334–1345.
- Ellis, J.L., E. Kebreab, N.E. Odongo, B.W. McBride, E.K. Okine et J. France. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *Journal of Dairy Science*, 90: 3456–3467.
- Environnement Canada. 2002. *Normales climatiques canadiennes – précipitations* [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/index_f.html.
- Escobar-Bahamondes, P., M. Oba, R. Kröbel, T.A. McAllister, D. MacDonald et K.A. Beauchemin. 2017. Estimating enteric methane production for beef cattle using empirical prediction models compared with IPCC Tier 2 methodology. *Canadian Journal of Animal Science*, 97: 599–612.
- Eugène, M., D. Massé, J. Chiquette et C. Benchaar. 2008. Meta-analysis on the effects of lipid supplementation on methane production in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 88: 331–334.
- Farm & Food Care Ontario. 2013. *Facts & Figures About Canadian Dairy Cows*, Farm Food Care Ontario.
- Flynn, H.C., J.O. Smith, K.A. Smith, J. Wright, P. Smith et J. Massheder. 2005. Climate- and crop-responsive emission factors significantly alter estimates of current and future nitrous oxide emissions from fertilizer use. *Global Change Biology*, 11: 1522–1536.

Freibauer, A. 2003. Regionalized inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *European Journal of Agronomy*, 19: 135–160.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* [consulté le 4 décembre 2015]. Programme GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres* [consulté le 4 décembre 2015]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres* [consulté le 22 mai 2020]. 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/> (en anglais seulement).

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économique et Agence internationale de l'énergie. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996* [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html>.

Godbout, S., M. Verma, J.P. Larouche, L. Potvin, A.M. Chapman, S.P. Lemay, F. Pelletier et S.K. Brar. 2010. Methane production potential (B₀) of swine and cattle manures - A Canadian perspective. *Environmental Technology*, 31: 1371–1379.

Goss, M.J., et D. Goorahoo. 1995. Nitrate contamination of groundwater: measurement and prediction. *Fertilizer Research*, 42: 331–338.

GPS-X 5.0 [simulateur à usage général — paramètres par défaut]. 2007. Hydromantis Ltd.

Grant, R., et E. Pattey. 1999. Mathematical modeling of nitrous oxide emissions from an agricultural field during spring thaw. *Global Biogeochemical Cycles*, 13: 679–694.

Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. VandenBygaart et D.A. Angers. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in eastern Canada. *Soil & Tillage Research*, 76: 1–20.

Hao, X. 2007. Nitrate accumulation and greenhouse gas emissions during compost storage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78: 189–195.

Hao, X., M. Benke, F.J. Larney et T.A. McAllister. 2010a. Greenhouse gas emissions when composting manure from cattle fed wheat dried distillers' grains with solubles. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89: 105–114.

Hao, X., C. Chang, J.M. Carefoot, H.H. Janzen et B.H. Ellert. 2001a. Nitrous oxide emissions from an irrigated soil as affected by fertilizer and straw management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: 1–8.

Hao, X., C. Chang, F.J. Larney et G.R. Travis. 2001b. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality*, 30: 376–386.

Hao, X., K. Stanford, T.A. McAllister, F.J. Larney et S. Xu. 2009. Greenhouse gas emissions and final compost properties from co-composting bovine specified risk material and mortalities with manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83: 289–299.

Hao, X., S. Xu, F.J. Larney, K. Stanford, A.J. Cessna et T.A. McAllister. 2010b. Inclusion of antibiotics in feed alters greenhouse gas emissions from feedlot manure during composting. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89: 257–267.

Hao, X., S. Xu, T.A. McAllister et F.J. Larney. 2008. Antibiotics in cattle diet affect greenhouse gas emissions from manure composting. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48: 342–355.

Hénault, C., X. Devis, S. Page, E. Justes, R. Reau et J.-C. Germon. 1998. Nitrous oxide emissions under different soil and land management conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 26: 199–207.

Hutchings, N.J., S.G. Sommer, J.M. Andersen et W.A.H. Asman. 2001. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment*, 35: 1959–1968.

Hybrid. 2001. Hybrid converter [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : <https://www.hybridturkeys.com/en/product/hybrid-converter/> (en anglais seulement).

Izaurrealde, R.C., R.L. Lemke, T.W. Goddard, B. McConkey et Z. Zhang. 2004. Nitrous oxide emissions from agricultural toposequences in Alberta and Saskatchewan. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1285–1294.

Jambert, C., R. Delmas, D. Serça, L. Thouron, L. Labroue et L. Delprat. 1997. 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.

Jayasundara S., J.A.D. Ranga Niroshan Appuhamy, E. Kebreab et C. Wagner-Riddle. 2016. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian dairy farms and mitigation options: An updated review. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(3): 306–331.

Jayasundara, S., et C. Wagner-Riddle. 2014. Greenhouse gas emissions intensity of Ontario milk production in 2011 compared with 1991. *Canadian Journal of Animal Science*, 94: 155–173.

Kaharabata, S.K., P.H. Schuepp et R.L. Desjardins. 1998. Methane emissions from above ground open manure slurry tanks. *Global Biogeochemical Cycles*, 12: 545–554.

- Karimi-Zindashty, Y., J.D. Macdonald, R.L. Desjardins, D. Worth, J.J. Hutchinson et X.P.C. Vergé. 2012. Sources of uncertainty in the IPCC Tier 2 Canadian livestock model. *The Journal of Agricultural Science*, 150(5): 556–569.
- Karimi-Zindashty, Y., J.D. Macdonald J.D., R.L. Desjardins, D. Worth et B.C. Liang. 2014. *Determining the uncertainty in agricultural nitrous oxide emissions for Canada*. Rapport interne. Gatineau (Québec) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle et J. France. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 86: 135–158.
- Kononoff, P.J., A.F. Mustafa, D.A. Christensen et J.J. McKinnon. 2000. Effects of barley silage particle length and effective fiber on yield and composition of milk from dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 80: 749–752.
- Kopp, J.C., K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2004. Management strategies to improve cow-calf productivity on meadow brome-grass pastures. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(3): 529–535.
- Koroluk, R., et L. Bourque. 2003. *L'entreposage des fumiers au Canada*. *Statistique Canada* [consulté en mai 2010]. N° 21-021-MIF2003001 au catalogue, vol. 1, n° 1. Disponible en ligne : <http://publications.gc.ca/Collection/Statcan/21-021-M/21-021-MIF2003001.pdf>.
- Lactanet. 2022. Statistics from milk recording data (base de données) [consulté le 27 septembre 2022]. Base de données Vision 2000.
- Laguë, C., É. Gaudet, J. Agnew et T.A. Fonstad. 2005. Greenhouse gas emissions from liquid swine manure storage facilities in Saskatchewan. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 48: 2289–2296.
- Lemke, R.L., V. Baron, A. Iwaasa, R. Farrell et J. Schoenau. 2012. *Quantifying nitrous oxide emissions resulting from animal manure on pasture, range and paddock by grazing cattle in Canada*. Rapport final. Saskatoon (SK) : Agriculture et Agroalimentaire Canada. Préparé pour Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre.
- Lemke, R.L., R.C. Izaurralde, M. Nyborg et E.D. Solberg. 1999. Tillage and N-source influence soil-emitted nitrous oxide in the Alberta Parkland Region. *Canadian Journal of Soil Science*, 79: 15–24.
- Liang, B.C. 2014. *Estimating ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer application in Canada*. Gatineau (QC) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. *Cultivated organic soils in Canada*. Rapport inédit. Gatineau (QC) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany et G.E. Schuman. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada. *Soil & Tillage Research*, 83: 25–52.
- MacDonald, J.D., et B.C. Liang. 2011. *Analysis of Canadian quantification methodologies of greenhouse gas emissions from livestock: IPCC Tier 2 quality control documentation 2011 submission*. Rapport interne présenté à Dominique Blain. Gatineau (QC) : Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- MacMillan, R.A., et W.W. Pettapiece. 2000. *Alberta landforms: Quantitative morphometric descriptions and classification of typical Alberta landforms*. Swift Current (SK) : Centre de recherches sur l'agriculture des Prairies semi-arides, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Bulletin technique n° 2000-2E.
- Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2004. *Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Animal Waste Management Systems in Canada by Adopting an IPCC tier-2 Methodology*. Rapport final. Guelph (ON) : Département des ressources terrestres, Université de Guelph. Préparé pour Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre.
- Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2005. *Determining Manure Management Practices for Major Domestic Animals in Canada*. Rapport final. Guelph (ON) : Département des ressources terrestres, Université de Guelph. Préparé pour Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre.
- Massé, D.I., F. Croteau, N.K. Patni et L. Masse. 2003. Methane emissions from dairy cow and swine manure slurries stored at 10°C and 15°C. *Canadian Biosystems Engineering/Le génie des biosystèmes au Canada*, 45: 6.1–6.6.
- Massé, D.I., L. Masse, S. Claveau, C. Benchaar et O. Thomas. 2008. Methane emissions from manure storages. *Transactions of the ASABE*, 51: 1775–1781.
- McCaughy, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1997. Methane production by steers on pasture. *Canadian Journal of Animal Science*, 77: 519–524.
- McCaughy, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 79: 221–226.
- McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates et D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science*, 82: 3346–3356.
- McGinn, S.M., D. Chen, Z. Loh, J. Hill, K.A. Beauchemin et O.T. Denmead. 2008. Methane emissions from feedlot cattle in Australia and Canada. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48: 183–185.
- McGinn, S.M., Y.H. Chung, K.A. Beauchemin, A.D. Iwaasa et C. Grainger. 2009. Use of corn distillers' dried grains to reduce enteric methane loss from beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 89: 409–413.
- Milne, A.E., M.J. Glendinning, P. Bellamy, T. Misselbrook, S. Gilhespy, M. Rivas Casado, A. Hulin, M. van Oijen et A.P. Whitmore. 2014. Analysis of uncertainties in the estimates of nitrous oxide and methane emissions in the UK's greenhouse gas inventory for agriculture. *Atmospheric Environment*, 82: 94–105.

- Minasny, B., A.B. McBratney et K.L. Bristow. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water-retention curves. *Geoderma*, 93: 225–253.
- Monni, S., P. Perälä et K. Regina. 2007. Uncertainty in agricultural CH₄ and N₂O emissions from Finland - Possibilities to increase accuracy in emission estimates. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12: 545–571.
- NRC. United States National Research Council. 1981. *Nutrient Requirements of Goats*. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.
- NRC. United States National Research Council. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*. 6th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.
- NRC. United States National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Horses*. 5th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.
- NRC. United States National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.
- NRC. United States National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th revised edition. Washington (DC) : National Research Council, National Academy Press.
- Nyborg, M., E.D. Solberg, R.C. Izaurralde, S.S. Malhi et M. Molina-Ayala. 1995. Influence of long-term tillage, straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance. *Soil & Tillage Research*, 36: 165–174.
- Odongo, N.E., R. Bagg, G. Vessie, P. Dick, M.M. Or-Rashid, S.E. Hook, J.T. Gray, E. Kebreab, J. France et B.W. McBride. 2007. Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90: 1781–1788.
- Okine, E.K., et G.W. Mathison. 1991. Effects of feed intake on particle distribution, passage of digesta, and extent of digestion in the gastrointestinal tract of cattle. *Journal of Animal Science*, 69: 3435–3445.
- Ominski, K.H., D.A. Boadi et K.M. Wittenberg. 2006. Enteric methane emissions from backgrounded cattle consuming all-forage diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 86: 393–400.
- Park, K.H., A.G. Thompson, M. Marinier, K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2006. Greenhouse gas emissions from stored liquid swine manure in a cold climate. *Atmospheric Environment*, 40: 618–627.
- Park, K.H., C. Wagner-Riddle et R.J. Gordon. 2010. Comparing methane fluxes from stored liquid manure using micrometeorological mass balance and floating chamber methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 175–181.
- Pattey, E., M.K. Trzcinski et R.L. Desjardins. 2005. Quantifying the reduction of greenhouse gas emissions as a result of composting dairy and beef cattle manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72: 173–187.
- Paul, J.W., et B.J. Zebarth. 1997. Denitrification and nitrate leaching during the fall and winter following dairy cattle slurry application. *Canadian Journal of Soil Science*, 77: 231–240.
- Pennock, D.J., et M.D. Corre. 2001. Development and application of landform segmentation procedures. *Soil & Tillage Research*, 58: 151–162.
- Petit, H.V., R.J. Dewhurst, J.G. Proulx, M. Khalid, W. Haresign et H. Twagiramungu. 2001. Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. *Canadian Journal of Animal Science*, 81: 263–271.
- Ressources naturelles Canada. 2008. Annuaire des minéraux du Canada, Aperçu et perspectives, rapports annuels (consulté le 31 octobre 2020). Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2010/nrcan/M38-5-57-fra.pdf.
- Rochette, P., M.H. Chantigny, N. Ziadi, D.A. Angers, G. Bélanger, E. Charbonneau, D. Pellerin, B.C. Liang, et N. Bertrand. 2014. Soil nitrous oxide emissions after deposition of dairy cow excreta in eastern Canada. *Journal of Environmental Quality*, 43: 829–841.
- Rochette, P., et H.H. Janzen. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N₂O from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73: 171–179.
- Rochette, P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle et R.L. Desjardins. 2008. Estimation of N₂O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology. *Canadian Journal of Soil Science*, 88: 641–654.
- Rotz, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science*, 82(Suppl.): E119–E137.
- Rypdal, K., et W. Winiwarter. 2001. Uncertainties in greenhouse gas emission inventories - Evaluation, comparability and implications. *Environmental Science and Policy*, 4: 107–116.
- Sheppard, S.C., et S. Bittman. 2011. Farm survey used to guide estimates of nitrogen intake and ammonia emissions for beef cattle, including early season grazing and phosphorus effects. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167: 688–698.
- Sheppard, S.C., et S. Bittman. 2012. Incidence des pratiques agricoles sur les émissions de NH₃ des bovins de boucherie. *Revue canadienne de science animale*, 92: 525–543.
- Sheppard, S.C., S. Bittman, et T.W. Bruulsema. 2010a. Monthly ammonia emissions from fertilizers in 12 Canadian ecoregions. Émissions mensuelles d'ammoniac par les engrais dans 12 écorégions du Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 90: 113–127.
- Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift, 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. 2010b. Farm practices survey and modelling to estimate monthly NH₃ emissions from swine production in 12 Ecoregions of Canada / Étude et modélisation des pratiques d'élevage en vue d'estimer les émissions mensuelles de NH₃ résultant de la production porcine dans 12 écorégions du Canada. *Revue canadienne de science animale*, 90: 145–158.

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(4): 649–661.

Sheppard, S.C., S. Bittman et J. Tait. 2009. Émissions mensuelles de NH₃ par les exploitations avicoles dans 12 écorégions du Canada. *Revue canadienne de science animale*, 89: 21–35.

Small, J.A., et W.P. McCaughey. 1999. Beef cattle management in Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science*, 79: 539–544.

Statistique Canada. 1987. Recensement 1986, agriculture Canada, n° 96-102 au catalogue.

Statistique Canada. 1992. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1991, n° 93-350 au catalogue.

Statistique Canada. 1997. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1996, n° 93-356 au catalogue.

Statistique Canada. 2002. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 2001, n° 95F0301XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2007a. Recensement de l'agriculture de 2006 [consulté le 4 décembre 2015]. N° 95-629 au catalogue. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm>.

Statistique Canada. 2007b. Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture [consulté le 4 décembre 2015]. N° 95-632 au catalogue. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/95-632-x/2007000/4129763-fra.htm>.

Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada, années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006. N° 23-502-X au catalogue.

Statistique Canada. 2012a. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et des exploitants agricoles de 2011 (base de données) [consulté le 4 décembre 2015]. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/95-640-x/95-640-x2011001-fra.htm>.

Statistique Canada. 2016. Profil du recensement, Recensement de 2016 [consulté le 30 mai 2019]. Disponible en ligne : <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>.

Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 17-10-0135-01. Estimations de la population, 1^{er} juillet, selon la région métropolitaine de recensement et l'agglomération de recensement, limites de 2016 [consulté le 30 mai 2019]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710013501&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 32-10-0126-010010 (anciennement CANSIM 003-0028). Porcs, moutons et agneaux, production dans les fermes et production de viande [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012601&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 32-10-0129-01 (anciennement CANSIM 003-0031). Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel (tête) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210012901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (d). Tableau 32-10-0130-01 (anciennement CANSIM 003-0032). Nombre de bovins, selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (tête) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210013001&request_locale=fr.html.

Statistique Canada. Sans date (e). Tableau 32-10-0145-01 (anciennement CANSIM 003-0100). Statistiques de porcs, nombre de porcs dans les fermes à la fin d'une période semestrielle (tête) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3210014501&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (f). Tableau 32-10-0290-01 (anciennement CANSIM 003-0004). Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimestre, trimestriel (tête) [consulté le 9 septembre 2017]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210029001&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (g). Tableau 32-10-0359-01. Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210035901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (h). Tableau 32-10-0038-01 (anciennement CANSIM 001-0068). Expéditions d'engrais vers les marchés agricoles canadiens, selon la teneur en éléments fertilisants et la campagne de fertilisation, données cumulatives (x 1 000) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210003901&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (i). Tableau 32-10-0038-01 (anciennement CANSIM 001-0068). Expéditions d'engrais vers le marché agricole canadien et les marchés d'exportation, selon le type de produit et la campagne de fertilisation, données cumulatives (x 1 000) [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210003801&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (j). Tableau 32-10-0373-01. Stocks d'autres animaux sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021 [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210037301&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (k). Tableau 32-10-0374-01. Stocks de volailles sur les exploitations agricoles, Recensement de l'agriculture, 2021 [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210037401&request_locale=fr.

Statistique Canada. Sans date (l). Tableau 32-10-0155-01. Certaines types de bétail et volailles, données chronologiques du Recensement de l'agriculture [consulté le 6 octobre 2022]. Disponible en ligne : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210015501&request_locale=fr.

- [U.S. EPA] United States Environmental Protection Agency. 2004. *National Emission Inventory—Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations*. Rapport provisoire. 30 janvier 2004. Washington (DC) : U.S. Environmental Protection Agency.
- VanderZaag, A.C., R.J. Gordon, R.C. Jamieson, D.L. Burton et G.W. Stratton. 2009. Gas emissions from straw covered liquid dairy manure during summer storage and autumn agitation. *Transactions of the ASABE*, 52: 599–608.
- VanderZaag, A.C., R.J. Gordon, R.C. Jamieson, D.L. Burton et G.W. Stratton. 2010. Effects of winter storage conditions and subsequent agitation on gaseous emissions from liquid dairy manure. *Canadian Journal of Soil Science*, 90: 229–239.
- VanderZaag A.C., J.D. MacDonald, L. Evans, X.P.C. Vergé et R.L. Desjardins. 2013. Towards an inventory of methane emissions from manure management that is responsive to changes on Canadian farms. *Environmental Research Letters*, 8(3).
- VanderZaag A.C., H. Baldé, A. Crolla, R.J. Gordon, N.M. Ngwabie, C. Wagner-Riddle, R. Desjardins et J.D. MacDonald. 2018. Potential methane emission reductions for two manure treatment technologies. *Environmental Technology*, 39(7): 851–858.
- Van Haarlem, R.P., R.L. Desjardins, Z. Gao, T.K. Flesch et X. Li. 2008. Methane and ammonia emissions from a beef feedlot in western Canada for a twelve-day period in the fall. *Canadian Journal of Animal Science*, 88: 641–649.
- Wagner-Riddle, C., A. Furon, N.L. McLaughlin, I. Lee, J. Barbeau, S. Jayasundara, G. Parkin, P. von Bertoldi et J. Warland. 2007. Intensive measurement of nitrous oxide emissions from a corn soybean wheat rotation under two contrasting management systems over 5 years. *Global Change Biology*, 13: 1722–1736.
- Wagner-Riddle, C., K.H. Park et G.W. Thurtell. 2006. A micrometeorological mass balance approach for greenhouse gas flux measurements from stored animal manure. *Agricultural and Forest Meteorology*, 136: 175–187.
- Wagner-Riddle, C., et G.W. Thurtell. 1998. Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 52: 151–163.
- Western Canadian Dairy Herd Improvement Services. 2002. 2002 herd improvement report. Edmonton (AB). 16 p.
- Weston, R.H. 2002. Constraints on Feed Intake by Grazing Sheep. Dans : M. Freer et H. Dove (éd.) *Sheep Nutrition*. Collingwood (AU) : CSIRO Publishing.
- Xu, S., X. Hao, K. Stanford, T. McAllister, F.J. Larney et J. Wang. 2007. Greenhouse gas emissions during co-composting of cattle mortalities with manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78: 177–187.
- Yang, J.Y., R. De Jong, C.F. Drury, E. Huffman, V. Kirkwood et X.M. Yang. 2007. Development of a Canadian agricultural nitrogen model (CANB v2.0): simulation of the nitrogen indicators and integrated modeling for policy scenarios. *Canadian Journal of Soil Science*, 87: 153–165.
- Yang J.Y., E.C. Huffman, C.F. Drury, X.M. Yang et R. De Jong. 2011. Estimating the impact of manure nitrogen losses on total nitrogen application on agricultural land in Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 91(1): 107–122.
- Zebarth, B.J., B. Hii, H. Liebscher, K. Chipperfield, J.W. Paul, G. Grove et S.Y. Szeto. 1998. Agricultural land use practices and nitrate contamination in the Abbotsford aquifer, British Columbia, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 69: 99–112.

Annexe 3.5, Méthodologie pour le secteur de l'Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2021. Séries chronologiques d'utilisation des terres semi-décennales d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : <https://open.canada.ca/data/fr/dataset/fa84a70f-03ad-4946-b0f8-a3b481dd5248>.
- Arbres Canada. 2018. *National Urban Forest Trends Report 2018*, rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Arbres Canada. 2019. *Urban Forest Biomass Fate Survey 2019*, rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Bailey, A.W., et B.C. Liang. 2013. *Burning of managed grasslands in Alberta, Saskatchewan and British Columbia*. Edmonton (AB) : Western Rangeland Consultants. Préparé pour la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada, Gatineau (QC).
- Baron, V.S., E. Mapfumo, A.C. Dick, M.A. Neath, E.K. Okine et D.S. Chanasyk. 2002. Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow. *Journal of Range Management* 55(6):535–541.
- Bartelink, H.H. 1998. A model of dry matter partitioning in trees. *Tree Physiology* 18(2):91–101.
- Biederbeck, V.O., C.A. Campbell et R.P. Zentner. 1984. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of a loam in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 64:355–367.
- Biondini M. E., et L. Manske 1996. Grazing frequency and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA. *Ecological Applications* 6(1):239–256.
- Blain, D., E. Seed, M. Lindsay, S. Haynes et M. McGovern. 2014. *Forest land and other land conversion to wetlands (reservoirs) estimation and reporting of CO₂ emissions*, rapport non publié, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Blondel A. et K. Tracey. 2018. *Table of estimated densities of wood used for residential heating - per reconciliation unit*, fichier non publié, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Bolinder, M.A. 2004. *Contribution aux connaissances de la dynamique du C dans les systèmes sol-plante de l'Est du Canada*, thèse de doctorat. Sainte-Foy (QC) : Université Laval.

- Bolinder MA, Janzen HH, Gregorich EG, Angers DA, et AJ VandenBygaart AJ. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 29-42.
- Boudewyn P., M. Gillis, S. Magnussen et X. Song. 2007. *Model-based, volume-to-biomass conversion for forested and vegetated land in Canada*. Victoria (C.-B.): Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique. Rapport d'information – BC-X-411.
- Bowman DMJS, Williamson GJ, Abatzoglou JT, Kolden CA, Cochrane MA, et AMS Smith. 2017. Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature Ecology and Evolution* 1: 0058.
- Bremer E., H.H. Janzen et A.M. Johnston. 1994. Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. *Canadian Journal of Soil Science* 74:131–138.
- Bruce J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil Water Conservation* 54:382–389.
- Campbell CA, Janzen HH, Paustian K, Gregorich EG, Sherrod L, Liang BC, Zentner RP. 2005. Carbon storage in soils of the North American Great Plains: Effect of cropping frequency. *Agronomy Journal* 97:349–363.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996a. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan, *Canadian Journal of Soil Science*, 76:395–401.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996b. Tillage and crop rotation effects on soil organic matter in a coarse-textured Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan, *Soil & Tillage Research*, 37:3–14.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, R.P. Dyck, F. Selles et D. Curtin. 1995. Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation, *Canadian Journal of Soil Science*, 75:449–458.
- Campbell, C.A., F. Selles, G.P. LaFond, B.G. McConkey et D. Hahn. 1998. Effect of crop management on C and N in long-term crop rotations after adopting no-tillage management: Comparison of soil sampling strategies, *Canadian Journal of Soil Science*, 78:155–162.
- Campbell, C.A., R.P. Zentner, B.C. Liang, G. Roloff, E.G. Gregorich et B. Blomert. 2000. Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan—Effect of crop rotations and fertilizers, *Canadian Journal of Soil Science*, 80:179–192.
- Canadian Facts. 1997. *Residential Fuelwood Combustion in Canada*, Canadian Facts. Toronto (ON), CF Group Inc. Préparé aux fins de l'inventaire national des émissions et pour l'équipe de projet,
- Carter, M.R., H.T. Kunelius, J.B. Sanderson, J. Kimpinski, H.W. Platt et M.A. Bolinder. 2003. Trends in productivity parameters and soil health under long-term two-year potato rotations, *Soil & Tillage Research (numéro spécial)*, 72:153–168.
- Cerkowniak, D. 2019. *National Inventory Report – 2020: Results, methodological changes and updates to LULUCF reporting for agriculture*. Saskatoon (SK) : Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Rapport présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.
- Cleary, J., N. Roulet et T. Moore. 2005. Greenhouse gas emissions from Canadian peat extraction, 1990–2000: A life-cycle analysis. *Ambio* 34:456–461.
- Cofer, W., E.L. Winstead, B. J. Stocks, J. G. Goldammer et D. R. Cahoon, 1998. Crown fire emissions of CO₂, CO, H₂, CO₄, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire. *Geophysical Research Letters* 25:3919–3922.
- Danneyrolles V, Cyr D, Girardin MP, Gauthier S, Asselin H, et Y Bergeron. 2021. Influences of climate fluctuations on northeastern North America's burned areas largely outweigh those of European settlement since AD 1850. *Environmental Research Letters* 16: 114007.
- Doyon, F., L. Parcerisas, J.-F. Senécal, R. Trégaro, R. Cordero, M. Mina. 2019. *Évaluation de l'effet de l'extraction de bois de chauffage résidentiel sur le bilan de carbone des forêts canadiennes*, rapport non publié, présenté à la Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- Drever C.R., Cook-Patton S.C., Akhter F., Badiou P.H., Chmura G.L., Davidson S.J., et al. 2021. Natural climate solutions for Canada. *Science Advances*, 7(23): eabd6034
- Duchemin, É. 2002. Canadian Reservoir Database / Répertoire des réservoirs canadiens (fichier informatique), Environnement Canada et DREXenvironnement (distributeur).
- Duchemin, É. 2006. *Émissions de gaz provoquant l'effet de serre à partir des terres inondées au Canada*, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Dyk A., D. Leckie, S. Tinis et S. Ortlepp. 2015. *Canada's National Deforestation Monitoring System: System Description*. Victoria (C.-B.) : Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique. Rapport d'information BC-X-439, 30 p.
- Eichel, F. 2006. *Review of Environment Canada reservoir flooding dates on hydro reservoirs for NIR 2007*, Service canadien des forêts, 6 p.
- Ellert, B., et J.R. Bettany. 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science*, 75:529–538.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2017. Rapport d'inventaire national 1990–2015 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Disponible en ligne : <https://publications.gc.ca/site/fra/9.506002/publication.html>.

[ECCC] Environment et Changement climatique Canada. 2018. Rapport d'inventaire national 1990–2016 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Disponible en ligne : <https://publications.gc.ca/site/fra/9.506002/publication.html>.

[FAO] Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. 2010. Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 49. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

Fan J, McConkey BG, Janzen HH, Townley-Smith L, et H Wang. 2017. Harvest index–yield relationship for estimating crop residue in cold continental climates. *Field Crop Research* 204: 153–157.

Gaboriau DM, Remy CC, Girardin MP, Asselin H, Hély C, Bergeron Y, et AA Ali. 2020. Temperature and fuel availability control fire size/severity in the boreal forest of central Northwest Territories, Canada. *Quaternary Science Reviews* 250: 106697.

Garcia Bravo, T. 2015. *Picea mariana (Mill.) B.S.P. plantation on cutover peatland in Alberta (Canada): Evaluating the effect of fertilization and resulting carbon stocks*. Thèse de maîtrise. Calgary (Alberta) : Université de Calgary, 103 pages.

Gillies, C. 2016. *A review of forestry management practices on peatlands in Canada*, rapport non publié, FPIInnovations. 41 p.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*, GIEC, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Volume 4 - Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, GIEC, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (eds). Hayama (Japan): Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2010. *Revisiting the use of managed land as a proxy for estimating national anthropogenic emissions and removals*. Eggleston, H.S., Srivastava, N., Tanabe, K., Baasansuren, J. (éditeurs). Rapport de réunion des experts du GIEC, du 5 au 7 mai 2009; INPE, São José dos Campos, Brésil. Hayama (Japon) : Institute for Global Environmental Strategies. Disponible en ligne à : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/0905_MLP_Report.pdf.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. *Supplément 2013 aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : terres humides*. Hiraishi T, Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. et Troxler, T.G. (éditeurs). Suisse : GIEC. Disponible en ligne à : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4, Agriculture, Forestry, and Other Land Use*, Chapter 5 – Cropland. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. et Federici, S. (éditeurs). Suisse : GIEC. [En anglais seulement, mais dans d'autres langues bientôt.]

González E, Rochefort L. 2014. Drivers of success in 53 cutover bogs restored by a moss layer transfer technique. *Ecological Engineering* 68:279–290.

Gould, W.A., M. Reynolds et D.A. Walker. 2003. Vegetation, plant biomass, and net primary productivity patterns in the Canadian Arctic. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 108(D2). DOI : 10.1029/2001JD000948.

Gouvernement du Québec, 2018. Statistiques forestières. *Ministère des Forêts, Faune et Parcs Québec*. Disponible en ligne Disponible en ligne : <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/connaissances/statistiques-forestieres> [consulté le 18 août 2020].

Hafer M., B. Hudson, M. Voicu, M. Magnan, G. Magnus, J. Metsaranta, W. Kurz. 2020. *NFCMARS Updates National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2021)*. Rapport non publié, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Hafer M, M. Fellows, K. Fisher, B. Hudson, M. Magnan, J. Metsaranta, S. Morken, E. Neilson, A. Nesdoly, W. Kurz. 2022. *NFCMARS Methodological Updates for the National Forest GHG Inventory Reporting (NIR 2023)*. Rapport non publié, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts.

Hanes CC, Wang X, Jain P, Parisien M-A, Little JM, et MD Flannigan. 2019. Fire-regime changes in Canada over the last half century. *Canadian Journal of Forest Research* 49: 256-269.

Hayne, S., C. Jenkins et M. Garneau. 2014. *Off-Site GHG Emissions from Canadian Peat Products*. Rapport non publié. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Hermosilla, T., M. Wulder, J. White, N. Coops, G. Hobart, et L. Campbell. 2016. Mass data processing of time series Landsat imagery: pixels to data products for forest monitoring, *International Journal of Digital Earth*. DOI : 10.1080/17538947.2016.1187673.

Hillman G. 1987. *Improving wetlands for forestry in Canada (Information Report NOR-X-288)*. Edmonton (AB), Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord.

Holden ZA, Swanson A, Luce CH, Jolly WM, Maneta M, Oyler JW, Warren DA, Parsons R, et D Affleck. 2018. Decreasing fire season precipitation increased recent western US forest wildfire activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: E8349–E8357.

Hudson, J.M. et G. H. Henry. 2009. Increased plant biomass in a High Arctic heath community from 1981 to 2008. *Ecology* 90(10):2657–2663.

Huffman, T., D. Leckie, M. McGovern, M. Olesen, M. Green, D.A. Hill, T. Rounce, J. Churchill et J. Liu. 2015a. Integration of multiple spatial datasets in the development of a temporal series of high-accuracy, high-resolution land use maps. Compte rendu du 35^e symposium EARSel, 15 au 19 juin 2015, Stockholm, Suède. Disponible en ligne : <http://www.earsel.org/symposia/2015-symposium-Stockholm/pdf/proceedings/Integration%20Huffman.pdf>.

- Huffman, T., J. Liu, M. McGovern, B. McConkey et T. Martin. 2015b. Carbon stock and change from woody biomass on Canada's cropland between 1990 and 2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 205:102–111. DOI : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880914004721?via%3Dihub>.
- Hillman, G. 1987. *Improving wetlands for forestry in Canada*. Edmonton (Alberta) : Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord. Rapport d'information NOR-X-288.
- Janzen, H. H., C. A. Campbell, E. G. Gregorich et B. H. Ellert. 1997. *Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems*, dans : R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.) Soil processes and the carbon cycles CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, p. 57–80.
- Janzen, H. H., C.A. Campbell, R.C. Izaurralde, B.H. Ellert, N. Juma, W.B. McGill et R.P. Zentner. 1998. Management effects on soil C storage in the Canadian prairies, *Soil & Tillage Research*, 47: 181-195.
- Janzen HH, Beauchemin KA, Bruinsma Y, Campbell CA, Desjardins RL, Ellert BH, et EG Smith. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 67: 85–102.
- Kasischke, E.S. et L.P. Bruhwiler. 2003. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fires in 1998. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 108 (D1):8146.
- Kelley DI, Bistinas I, Whitley R, Burton C, Marthews TR, et N Dong. 2019. How contemporary bioclimatic and human controls change global fire regimes. *Nature Climate Change* 9: 690–6.
- Kurz, W.A., M.J. Apps, T.M. Webb et P.J. McNamee. 1992. *The carbon budget of the Canadian forest sector: Phase 1, Centre de foresterie du Nord, Forêts Canada*, Edmonton (Alberta), Canada, rapport d'information NOR-X-326.
- Kurz W.A., C.C. Dymond, G. Stinson, G.J. Rampley, E.T. Neilson, A. L. Carroll, T. Ebata et L. Safranyik. 2008a. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452:987–990.
- Kurz, W.A., C.C. Dymond, T.M. White, G. Stinson, C.H. Shaw, G.J. Rampley, C. Smyth, B.N. Simpson, E.T. Neilson, J.A. Trofymow et al. 2009 CBM-CFS3 : A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological Modelling*. 220:480–504.
- Kurz, W.A., S. Hayne, M. Fellows, J.D. MacDonald, J.M. Metsaranta, M. Hafer et D. Blain. 2018. Quantifying the impacts of human activities on reported greenhouse gas emissions and removals in Canada's managed forest: conceptual framework and implementation. *Canadian Journal of Forest Research*. Disponible en ligne : <http://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/cjfr-2018-0176>.
- Kurz, W.A., C.H. Shaw, C. Boisvenue, G. Stinson, J. Metsaranta, D. Leckie, A. Dyk, C. Smyth et E.T. Neilson. 2013. Carbon in Canada's boreal forest – A synthesis. *Environmental Reviews* 21:260–292.
- Kurz, W.A., G. Stinson, G.J. Rampley, C.C. Dymond et E.T. Neilson. 2008b Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada's forests to the global carbon cycle highly uncertain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:1551–1555.
- Leckie, D. 2006a. *Deforestation monitoring pilot project reports v1.0*. Rapport DRS-Q-004. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 199 p.
- Leckie, D. 2006b. *NIR 2006b Records of decision for Canada's national deforestation estimate 2006*. Rapport DRS-N-011. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 56 p.
- Leckie, D. 2011. *Deforestation area estimation uncertainty for Canada's national inventory report greenhouse gas sources and sinks 2011*. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. Rapport DRS-N-030. 12 p.
- Leckie, D., A. Dyk, S. Ortlepp et S. Tinis. 2010a. *Records of decision for Canada's national deforestation estimate*. Rapport DRS-N-029, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 20 p.
- Leckie, D., A. Dyk, D. Paradine, D. Tammadge et S. Tinis. 2010b. *Deforestation interpretation guide* (Version RIN 2011). Rapport DRS-M-016. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 85 p.
- Leckie, D., D. Paradine, W.D. Burt, Hartman et S. Tinis. 2006. *NIR 2006 Deforestation Area Estimation for Canada: Methods Summary*. Rapport DRS-Q-001. Rapport interne, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada. 13 p.
- Leckie, D., D. Paradine, W. Kurz et S. Magnussen. 2015. Deforestation mapping sampling designs for Canadian landscapes. *Canadian Journal of Forestry Research* 45:1564–1576.
- Leckie, D.G., M.D. Gillis et M.A. Wulder. 2002. Deforestation estimation for Canada under the Kyoto Protocol: A design study. *Journal canadien de télédétection*, 28(5):672–678.
- Li, Z., W.A. Kurz, M.J. Apps et S.J. Beukema. 2003. Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP, *Canadian Journal of Forest Research*, 33:126–136.
- Liang BC, VandenBygaart AJ, Cerkowniak C, MacDonald DJ, McConkey BG, Desjardins RL, et DA Angers. 2020a. Revisiting n° no-till's impact on soil organic carbon storage in Canada. *Soil & Tillage Research* 198, 104529.
- Liang BC, MacDonald DJ, Thiagarajan C, Flemming C, Cerkowniak D, et R Desjardins. 2020b. Developing a country specific method for estimating nitrous oxide emissions from agricultural soils in Canada. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 117:145-167.
- Liang BC, Hao XY, Schoenau J, Ma BL, Zhang TQ, MacDonald JD, Chantigny M, Dyck M, Smith WN, Malhi S.S, Thiagarajan A, Lafond J, et DA Angers. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 321: 107619.

- Liang BC, Campbell CA, McConkey BG, Padbury B, 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, Gregorich EG, et AF MacKenzie. 1996. Modelling the effects of inorganic and organic amendments on organic matter in a Quebec soil. *Soil Science* 161: 109–114.
- Liang BC, Padbury G, et G Patterson. 2004. *Cultivated organic soils in Canada*. Gatineau (QC): Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany et G.E. Schuman. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada, *Soil & Tillage Research*, 83(1):25–52.
- Litton, C.M., M.G. Ryan, D.B. Tinker et D.H. Knight. 2003. Belowground and aboveground biomass in young postfire lodgepole pine forests of contrasting tree density, *Canadian Journal of Forest Research*, 33(2):351–363.
- Magnus GK, Celanowicz E, Voicu M, Hafer M, Metsaranta JM, Dyk A, Kurz WA. 2021. Growing our future: Assessing the outcome of afforestation programs in Ontario, Canada. *The Forestry Chronicle* 97(02): 179–190.
- Magnuson, J.L., D.M. Robertson, B.J. Benson, R.H. Wynne, D.M. Livingstone, T. Arai, T.A. Assel, R.G. Barry, V. Card, E. Kuusisto, N.G. Granin, T.D. Prowse, K.M. Stewart et V.S. Vuglinski. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the northern hemisphere, *Science*, 289:1743–1746.
- Mailvaganam, S. 2002. 2001 Ontario Grape Vine Survey, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. Disponible sur demande auprès de : stats.omafr@ontario.ca.
- Marshall, I.B., P.H. Schut et M. Ballard. 1999. Cadre écologique national pour le Canada : Données d'attribut, préparé par Environnement Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : <http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/1999report/index.html>.
- McConkey, B., D. Angers, M. Benthall, M. Boehm, T. Brierley, D. Cerkowniak, B.C. Liang, P. Collas, H. de Gooijer, R. Desjardins et al. *CanAG-MARS methodology and greenhouse gas estimates for agricultural land in the LULUCF sector for NIR 2006*. Rapport présenté à la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- McConkey, B.G., B.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.
- McConkey, B.G., B. VandenBygaart, J. Hutchinson, T. Huffman et T. Martin. 2007b. Martin 2007b. *Uncertainty analysis for carbon change—cropland remaining cropland*. Rapport présenté à Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- McCrae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich. 2000. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario), Canada, Publication 2022/F.
- McGovern, M. 2014. GHG spatial reporting structure for Canada's land use, land-use change and forestry sector – Reporting zones and reconciliation units, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.
- McGovern, M., et J. Pasher. 2016. Canadian urban tree canopy cover and carbon sequestration status and change 1990-2012. *Urban Forestry & Urban Greening* 20:227–232.
- McGovern, M., J. Pasher et E. Laurin. 2016. *NORDIS: Digitization of human disturbance activity in Canada's North for 1990, 2000 and 2010*. Rapport de la Direction des sciences de la faune et du paysage. Ottawa (Ontario). Environnement et Changement climatique Canada.
- McKenney, D. W., M. F. Hutchinson, J. L. Kesteven et L. A. Vernier. 2001. Canada's plant hardiness zones revisited using modern climate interpolation techniques. *Canadian Journal of Plant Science* 81:129–143.
- MDA-Federal. 2004. Landsat Geocover 1990/TM edition mosaic. ETM-EarthSat-MrSID, 1.0, USGS, Sioux Falls, South Dakota.
- Metsaranta J., M. Magnan, S. Xie, M. Hafer, S. Morken. 2020. *Uncertainty estimates: National forest GHG inventory reporting (NIR 2021), including Harvested Wood Products*. Manuscrit non publié.
- Metsaranta, J., S. Morken et M. Hafer. 2014. Uncertainty estimates: *National forest GHG inventory reporting for the 2014 National Inventory Report*. Manuscrit non publié.
- Metsaranta, J.M., C.H. Shaw, W.A. Kurz, C. Boisvenue et S. Morken. 2017. Uncertainty of inventory-based estimates of the carbon dynamics of Canada's managed forest (1990–2014). *Revue canadienne de recherche forestière* 47(8):1082–1094.
- Monreal, C. M., R. P. Zentner et J. A. Robertson. 1997. An analysis of soil organic matter dynamics in relation to management, erosion and yield of wheat in long-term crop rotation plots, *Canadian Journal of Soil Science*, 77: 553–563.
- Nendel, C., et K. C. Kersebaum. 2004. A simple model approach to simulate nitrogen dynamics in vineyard soils, *Ecological Modelling*, 177: 1–5.
- Nowak, D.J., E.J. Greenfield, R.E. Hoehn et E. Lapoint. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution* 178:229–236.
- Ogle SM, Swan A, et K Paustian. 2012. No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 149: 37–49.
- Parton, W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole et D.S. Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands, *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1173–1179.

- Parton, W.J., J.W.B. Stewart et C.V. Cole. 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model, *Biogeochemistry*, 5: 109–131.
- Pasher, J., M. McGovern, M. Khoury, J. Duffe. 2014. Assessing carbon storage and sequestration by Canada's urban forest using high resolution earth observation data. *Urban Forestry & Urban Greening* 13-3, 484–494.
- Paul, K.I., P.J. Polglase, J.G. Nyakuengama et P.K. Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation, *Forest Ecology and Management*, 168(1–3):241–257.
- Pennock, D.J., et A.H. Frick. 2001. The role of field studies in landscape-scale applications of process models: an example of soil redistribution and soil organic carbon modelling using CENTURY, *Soil & Tillage Research*, 58(3/4):183–191.
- Poulin, M., L. Rochefort, F. Quinty et C. Lavoie. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. *Canadian Journal of Botany* 83:539–557.
- Power, K, Gillis M. 2006. Canada's Forest Inventory 2001. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Information Report BC-X-408. 128 pp.
- RNCan. Ressources naturelles Canada. 1974. Lacs-Glace de mer [carte], 1:35,000,000, dans : Atlas national du Canada, 4^e édition. Disponible en ligne : https://ftp.maps.canada.ca/pub/nrcan_rncan/raster/atlas_4_ed/eng/environment/water/013_14.pdf.
- RNCan. Ressources naturelles Canada. 2020. Calcul préliminaire de la production minérale au Canada [par province]. 2020. Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : <https://dsmm.nrcan-rncan.gc.ca/prod-prod/ann-ann-fra.aspx?FileT=2020&Lang=fr>.
- Rochefort, L., F. Quinty, S. Campeau, K. Johnson et T. Malterer. 2003. North American approach to the restoration of Sphagnum dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management* 11:3–20.
- Saarnio, S., M. Morero, N. Shurpali, E. Tuittila, M. Makila et J. Alm. 2007. Annual CO₂ and CH₄ fluxes of pristine boreal mires as a background for the lifecycle analyses of peat energy. *Boreal Environmental Research* 12(2):101–113.
- Schuman, G. E., H. H. Janzen et J. E. Herrick. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands, *Environmental Pollution*, 116: 391–396.
- Shaver, G.R. et F.S. Chapin. 1991. Production: Biomass relationships and element cycling in contrasting arctic vegetation types. *Ecological Monographs* 61(1):1–31. DOI : <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1942997>.
- Smith, W. N., P. Rochette, C. Monreal, R.L. Desjardins, E. Pattey et A. Jaques. 1997. The rate of carbon change in agricultural soils in Canada at the landscape level, *Canadian Journal of Soil Science*, 77: 219–229.
- Smith, W. N., R. L. Desjardins et E. Pattey. 2000. The net flux of carbon from agricultural soils in Canada 1970–2010. *Global Change Biology* 6(5):558–568.
- Smith, W.N., R.L. Desjardins et B. Grant. 2001. Estimated changes in soil carbon associated with agricultural practices in Canada, *Canadian Journal of Soil Science*, 81: 221–227.
- Smoliak, S. 1965. Effects of manure, straw and inorganic fertilizers on Northern Great Plains ranges, *Journal of Range Management*, 18: 11–14.
- Statistique Canada. 1997. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=7737.
- Statistique Canada. 2003. *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=22916.
- Statistique Canada 2007. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=44902.
- Statistique Canada. 2010. *Présentation d'un nouveau concept et d'une nouvelle méthodologie de délimitation des zones habitées : un projet de recherche sur les zones habitées au Canada* [consulté le 4 novembre 2016]. Document technique. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-001-m/16-001-m2010011-fra.htm>.
- Statistique Canada. 2011. Profil du recensement 2011 [consulté le 2 décembre 2019]. Disponible en ligne : <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F&MM>.
- Statistique Canada. 2015. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=247867.
- Statistique Canada. 2017. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&Id=433427.
- Statistique Canada 2019. *Enquête sur les ménages et l'environnement*. Disponible en ligne : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=3881.
- Statistique Canada. 2020. Tableau 32-10-0359-01 (anciennement CANSIM 001-0017). Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures [consulté le 26 novembre 2021]. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210035901>.
- Steenberg J., Ristow M., Duinker P., MacDonald D., Samson C., Flemming C. 2021. An updated approach for assessing Canada's urban forest carbon storage and sequestration. Rapport interne non publié. Ottawa, ON, Environnement et Changement climatique Canada.
- Stinson, G., W.A. Kurz, C.E. Smyth, E.T. Neilson, C.C. Dymond, J.M. Metsaranta, C. Boisvenue, G.J. Rampley, Q. Li, T.M. White et al. 2011. An inventory-based analysis of Canada's managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008. *Global Change Biology* 17(6):2227–2244.

- Stocks BJ, Mason JA, Todd JB, Bosch EM, Wotton BM, Amiro BD, Flannigan MD, Hirsch KG, Logan KA, Martell DL, *et al.*. 2002. Large forest fires in Canada, 1959–1997. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 107: FFR 5-1–FFR 5-12.
- Strack M, Zuback Y. 2013. Annual carbon balance of a peatland 10 yr following restoration. *Biogeosciences* 10:2885–2896.
- Tarnocai, C. 1997. The amount of organic carbon in various soil orders and ecological provinces in Canada, dans : R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.) *Soil Processes and the Carbon Cycle*, Boca Raton (Floride) : CRC Press, p. 81–92.
- Thiagarajan A, Liang BC, MacDonald JD, Smith W, VandenBygaart B, Grant B, Kroebe R, Janzen H, Zhang TQ, McConkey BG *et al.* 2022. Prospects and Challenges in the use of models to estimate the influence of crop residue input on soil organic carbon in long-term experiments in Canada. *Geoderma Regional* 10: e00534.
- [TNS] TNS Canada. 2012. *Residential fuelwood combustion in Canada*. Rapport 1381/BT. Toronto (ON) : TNS Canada. Présenté à Ressources naturelles Canada.
- [TNS] TNS Canadian Facts. 2006. *Residential fuelwood combustion in Canada*. Rapport C1077/BT. Toronto (ON) : TNS Global. Présenté à Environnement Canada.
- Trégaro R. et A. Blondel. 2019. *Analyse de la consommation du bois de chauffage au Canada - Basée sur l'Enquête sur les ménages et l'environnement de 2017 par Statistique Canada*. Rapport définitif, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada, document interne.
- Trégaro R. 2020. *Rapport sur la méthodologie liée aux objectifs de récoltes du bois de chauffage résidentiel*. Rapport définitif présenté à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- [U.S. EPA]. United States Environmental Protection Agency. 2013. *Inventories of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2010*. EPA Report 430-R-12-001.
- VandenBygaart, A.J., B.G. McConkey, D.A. Angers, W. Smith, H. De Gooijer, M. Bentham et T. Martin. 2008. Soil carbon change factors for the Canadian agriculture national greenhouse gas inventory, *Canadian Journal of Soil Science*, 88: 671–680.
- VandenBygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies, *Canadian Journal of Soil Science*, 83: 363–380.
- Voroney, R.P. et D.A. Angers. 1995. *Analysis of the short-term effects of management on soil organic matter using the CENTURY model*, dans : R. Lal, J. Kimble, E. Levine et B.A. Stewart (dir.) *Soil Management and the Greenhouse Effect*, Springer-Verlag, New York, N.Y., États-Unis, p. 113–120.
- Waddington, J. M., et S. M. Day. 2007. Methane emissions from a peatland following restoration. *Journal of Geophysical Research* 112:1–11.
- Waddington, J. M., K. D. Warner et G. W. Kennedy. 2002. Cutover peatlands: A persistent source of atmospheric CO₂. *Global Biogeochemical Cycles* 16:1–7.
- Wang X, Parisien M-A, Taylor SW, Candau J-N, Stralberg D, Marshall GA, Little JM, et MD Flannigan. 2017. Projected changes in daily fire spread across Canada over the next century. *Environmental Research Letters* 12: 025005.
- 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 W.A. Kurz. 2005. Afforestation on private land in Canada from 1990 to 2002 estimated from historical records, *The Forestry Chronicle*, 81(4): 491–497.
- Woods M. et D. Robinson. 2007. Development of FVS Ontario: A Forest Vegetation Simulator Variant and Application Software for Ontario. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-54*. 2008. doi : https://www.researchgate.net/publication/265222755_Development_of_FVS_Ontario_a_Forest_Vegetation_Simulator_variant_and_application_software_for_Ontario?channel=doi&linkId=540f3abe0cf2df04e75a29d1&showFulltext=true.
- Wulder, M.A., J.C. White, M.M. Cranny, R.J. Hall, J.E. Luther, A. Beaudoin, D.G. Goodenough et J.A. Dechka. 2008. Monitoring Canada's forests. Part 1: Completion of the EOSD land cover project. *Journal canadien de télédétection* 34(6):549–562.
- Xiao, C.W., et R. Ceulemans. 2004. Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines, *Forest Ecology and Management*, 203(1–3): 177–186.

Annexe 3.6, Méthodologie pour le secteur des déchets

- AECOM Canada. 2011. Improved methodology for the estimation of greenhouse gases from Canadian municipal wastewater treatment facilities.
- Bond R. et C.P. Straub, éditeurs. 1973. *Handbook of environmental control*. Vol. 2, Solid Waste. Table 1.1-28: Composition and Analysis of Average Municipal Refuse. Cleveland (OH): CRC Press.
- Canada. 2012. Loi sur les pêches : *Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées*. C.P. 2012-942, le 28 juin 2012, DORS/2012-139. Disponible en ligne : <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2012-139.pdf>.
- CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2006. *Review of dioxins and furans from incineration in support of a Canada-wide standard review*. Rapport préparé pour le Dioxins and Furans Incineration Review Group par A.J. Chandler & Associates Ltd.

- CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2007. *Standards pancanadiens relatifs au mercure*. Rapport sur la conformité et évaluation – Mercure dans les résidus d'amalgames dentaires. Rapport d'étape – Émissions de mercure et lampes contenant du mercure. https://ccme.ca/fr/res/sp_mercure_epg_f.pdf
- CCME. Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2010. *Standards pancanadiens relatifs au mercure (incinération et fusion de métaux communs)*. Rapport d'étape de 2010.
- CRU. University of East Anglia Climatic Research Unit, Harris I.C. et P.D. Jones. 2019. Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Version 4.03. Consulté via le Centre for Environmental Data Analysis (CEDS) Web Processing Service (data.ceda.ac.uk). [Consulté en juillet 2019].
- ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. *Rapport national sur la caractérisation des déchets : la composition des déchets municipaux résiduels au Canada*. Division de la réduction et de la gestion des déchets. ECCC. <http://publications.gc.ca/site/fra/9.884761/publication.html>.
- ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. *Waste incineration in Canada 2006-2021 – A summary of findings from surveys conducted in 2006-2022*. Rapport interne inédit d'Environnement Canada. Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC. Ottawa (Ontario).
- ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020c. *Wood waste summary report final*. Rapport interne, non publié, Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC. Ottawa (Ontario).
- ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020d. *Literature review on emission factors for the composting process by feedstock type*. Rapport interne, non publié, Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC. Ottawa (Ontario).
- ECCC. Environnement et Changement climatique Canada. 2020e. *Literature review on percent loss (%) from onsite leakages at off-farm anaerobic digestion systems*. Rapport interne, non publié, Division des inventaires et rapports sur les polluants, ECCC. Ottawa (Ontario).
- Environnement Canada. 1999. *Municipal Solid Waste Incineration in Canada: An Update on Operations 1997–1998*. Préparé par Compass Environmental Inc. pour Environnement Canada et le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétique.
- Environnement Canada. 2003. *Municipal solid waste incineration in Canada : An update on operations 1999–2001*. Préparé pour Environnement Canada par A.J. Chandler & Associates Ltd. en collaboration avec Compass Environmental Inc.
- Envirosim. Envirosim Associates Limited. 2019. *Report on sludge production and characteristics for municipal WWTP in Canada*. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.
- État de Washington. 2014. *Rule Development Committee report: septic tank effluent values*. Rapport provisoire. Department of Health, État de Washington, Wastewater Management Program.
- [FAOSTAT] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Statistique. Bilans alimentaires (2014-). [Consulté en déc. 2020]. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/FBS>.
- GHD. 2017. *Étude sur le captage et l'utilisation des gaz provenant des sites d'enfouissement de déchets municipaux solides au Canada, 2017*. Rapport non publié préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.
- GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Programme du GIEC 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. 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, editors. IPCC, Suisse. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>.
- GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *2019 IPCC Refinement to the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 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/>.
- Lavallée Inc. 1996. Campagne de caractérisation des résidus, rapport préparé pour l'Association des industries forestières du Québec ltée.
- Levelton, B.H. 1991. *Inventory of methane emissions from landfills in Canada*. Rapport non publié, préparé pour Environnement Canada par Levelton & Associates.
- Mahvi A.H. 2008. Sequencing batch reactor: A promising technology in wastewater treatment. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* 5: 79–90.
- Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1985. *Municipal wastewater treatment works in Ontario*. Rapport. Disponible en ligne : <https://archive.org/details/municipalwastewat26018>.
- Ministre des Approvisionnements et Services Canada. 1987. *Inventaire national des équipements en eau, municipalités du Canada 1986*. N°. E94-81/1987 au catalogue.
- NCASI. National Council for Air and Stream Improvement. 2003. *Calculation tools for estimating greenhouse gas emissions from wood products manufacturing facilities*, National Council for Air and Stream Improvement, Inc.
- NCASI. National Council for Air and Stream Improvement. 2022. *Review and recommendations of model parameters for quantifying greenhouse gas emissions from landfills in the pulp and paper sector*. National Council for Air and Stream Improvement, Inc.
- Portail des ressources en eau de Terre-Neuve. Sans date. Base de données en ligne et carte Web [consultée en mars 2018]. Disponible en ligne : <https://maps.gov.nl.ca/water/>.

- Québec. Gouvernement du Québec. 2003. *Évaluation de performance de 522 ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2002 : Ouvrages de surverse et stations d'épuration*. ISBN 2-550-41514-0. Disponible en ligne : https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0CAIQw7AJahcKEwjYrLeSr_j_AhUAAAAAHQAAAAAQAg&url=https%3A%2F%2Fwww.environnement.gouv.qc.ca%2Feau%2Feaux-usees%2Fouvrages-municipaux%2Fomaeu-mamot%2F2002.pdf&psig=AOvVaw134pDzD_QifveV8bZunZJ_&ust=1688674025163542&opi=89978449.
- Québec. Gouvernement du Québec. 2005. *Liste des stations d'épuration. Service du suivi des infrastructures*. Disponible en ligne : https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/50440?docref=nXlBk0B0eO_Ur-gdeDOHww.
- Québec. Gouvernement du Québec. 2013. *Liste des stations d'épuration. Service du suivi des infrastructures*. Disponible en ligne : <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/50440?docref=mE1nx1BbAL6HDPVgLvJvAQ>.
- RNCan. Ressources naturelles Canada. 1997. National Wood Residue Data Base, Ressources naturelles Canada (documents de J. Roberts).
- RNCan. Ressources naturelles Canada. 1999. *Canada's wood residues: a profile of current surplus and regional concentrations*. Préparé à l'intention de la Table de concertation nationale sur les changements climatiques dans le secteur forestier par le Service canadien des forêts, Direction générale de l'industrie, de l'économie et des programmes. Ressources naturelles Canada.
- RNCan. Ressources naturelles Canada. 2005. *Estimation de la production, de la consommation et des surplus de résidus de bois d'usines au Canada en 2004*. Rapport national préparé pour Ressources naturelles Canada par l'Association des produits forestiers du Canada.
- RNCan. Ressources naturelles Canada. 2006. *Analyse des possibilités de récupération des ressources au Canada et prévision des retombées sur les émissions de gaz à effet de serre*. Ressources naturelles Canada.
- SMi 2016. Étude nationale sur la composition des déchets solides 2014-2015. Rapport préparé pour Environnement Canada par Consultants S.M. Inc.
- Statistique Canada. 2009. Statistiques sur les aliments. N° 21-020 XIF au catalogue.
- Statistique Canada. Sans date (a). Tableau 38-10-0032-01 (anciennement CANSIM) 153-0041 *Élimination de déchets, selon la source, Canada, provinces et territoires (tableau)*. CANSIM (base de données). [Consulté le 14 septembre 2022]. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810003201>
- Statistique Canada. Sans date (b). Tableau 17-10-0005-01 (anciennement CANSIM 051-0001). *Estimations de la population au 1^{er} juillet, par âge et sexe*. [Consulté le 30 mai 2022]. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501&request_locale=fr
- Statistique Canada. Sans date (c). Tableau 17-10-0027-01 (anciennement CANSIM 051-0024). *Archivé - Estimations de la population, Canada, provinces et territoires (x 1 000), de 1921 à 1971*. [Consulté le 30 mai 2022]. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710002701&request_locale=fr
- Stericycle, ULC. 2014. *Environmental assessment registration – Stericycle waste transfer facility*. Rapport présenté au ministre de l'Environnement et de la Conservation – directeur des évaluations environnementales, gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador.
- Surampalli R.Y. et E.R. Baumann. 1995. Sludge production in rotating biological contactors with supplemental aeration and an enlarged first stage. *Bioresource Technology*. 54:297-304.
- Taşeli B.K. 2018. Point source pollution and climate change impact from sequential batch reactor wastewater treatment plant. *Global NEST Journal* 20(1): 33-41.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen et S. Vigil. 1993. *Integrated solid waste management, engineering principles and management issues*. New York, N.Y., McGraw Hill.
- U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 1995. *Compilation of air pollutant emission factors. Vol. I—Stationary point and area sources*. AP 42, 5th Edition. Chapter 2, Solid Waste Disposal. U.S Environmental Protection Agency. Disponible en ligne : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/>.
- U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 1999. Wastewater Technology Fact Sheet - Sequencing Batch Reactors. EPA 932-F-99-073.
- Washington State. 2014. *Rule Development Committee report: septic tank effluent values*. Draft report. Washington State Department of Health, Wastewater Management Program.

Annexe 4, Comparaison des approches sectorielles et de référence et le bilan énergétique national

- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2016. *Updated Coal Emission, Energy Conversion and Oxidation Factors*. Étude non publiée commandée par Environnement et Changement climatique Canada.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2019. *Updated Carbon Dioxide Emission Factors for Coal Combustion*. Rapport non publié. Gatineau (Québec) : Préparé par Kay J., Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- [GIEC] Groupe intergouvernemental d'experts 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 des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K., rédacteurs. Kanagawa (Japon) : Institute for Global Environmental Studies. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.
- Jaques A.P. 1992. *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990, Protection de l'environnement*. Rapport SPE 5/AP/4. Conservation et protection. Environnement Canada.

McCann T.J. 2000. *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors*. Rapport préparé par T.J. McCann and Associates pour Environnement Canada.

[NCASI] National Council for Air and Stream Improvement. 2011. *NCASI Spreadsheets for Calculating GHG Emissions from Pulp and Paper Manufacturing*. Version 3.3. National Council for Air and Stream Improvements. [révisé en nov. 2013; cité le 10 jan. 2020].

Statistique Canada. Sans date. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*. Catalogue N° 57-003-X. Disponible en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/57-003-X>.

[U.S. EPA] United States Environmental Protection Agency. 2003. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Vol. 1: Stationary Point and Area Sources, AP 42, 5th Edition, Section 1.6*. Washington D.C. : U.S. Environmental Protection Agency.

Annexe 5, Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire

[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 : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.

Annexe 6, Coefficients d'émission

[ACC] Association canadienne du ciment. 2015. *Données inédites sur la production canadienne de clinker*.

[ACPC] Association canadienne des producteurs d'acier. 2009. *Teneurs en carbone moyennes de l'industrie*. Données inédites.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. *CH₄ and VOC emissions from the Canadian upstream oil and gas industry*, volumes 1 et 2, préparés pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers par Clearstone Engineering, Calgary (Alberta), Canada. N° 1999-0010.

AECOM Canada. 2011. Improved methodology for the estimation of greenhouse gases from canadian municipal wastewater treatment facilities.

AMEC Earth & Environmental. 2006. Identifying and updating industrial process activity data in the minerals sector for the canadian greenhouse gas inventory. AMEC Earth & Environmental.

Aoyama M, Angers DA, N'Dayegamiye A, Bissonnette N. 1999. Protected organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure applications. *Canadian Journal of Soil Science* 79: 419–425.

Barton, P., Simpson J. 1994. The effects of aged catalysts and cold ambient temperatures on nitrous oxide Emissions. Division des émissions de sources mobiles (DESM), Environnement Canada. Rapport n° 94-21.

Bhandral R, Bittman S, Kowalenko G, Buckley K, Chantigny MH, Hunt DE, Bounaix F, Friesen A. 2009. Enhancing soil infiltration reduces gaseous emissions and improves N uptake from applied dairy slurry. *Journal of Environmental Quality* 38: 1372–1382.

BioMer. 2005. *Démonstration et évaluation du biodiésel pour les bateaux de croisière du Vieux-Port de Montréal et du lieu historique national du Canal-de-Lachine*. Québec, BioMer. Rapport final.

Boadi D.A., Ominski K.H., Fulawka D.L., Wittenberg K.M. 2004. *Improving estimates of methane emissions associated with enteric fermentation of cattle in Canada by adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier-2 methodology*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Animal Science, Université du Manitoba, Winnipeg (MB).

Briggs D. 1994. *Forest products measurements and conversion factors: With special emphasis on the u.s. pacific northwest*. Seattle (WA): College of forest resources, University of Washington. Disponible en ligne : https://www.ruraltech.org/projects/conversions/briggs_conversions/briggs_book.asp.

Chai L., Kröbel R., MacDonald D., Bittman S., Beauchemin K.A., Janzen H.H., McGinn S.M., Vanderzaag A. 2016. An ecoregion-specific ammonia emissions inventory of Ontario dairy farming: Mitigation potential of diet and manure management practices. *Atmospheric Environment* 126:1–14.

Chantigny MH, Angers DA, Beauchamp CJ. 2000. Decomposition of de-inking paper sludge in agricultural soils as characterized by carbohydrate analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1561–1570.

Chantigny MH, Angers DA, Rochette P, Bélanger G, Massé D, Côté D. 2007. Gaseous nitrogen emissions and forage nitrogen uptake on soils fertilized with raw and treated swine manure. *Journal of Environmental Quality* 36: 1864–1872.

Chantigny MH, Rochette P, Angers DA, Bittman S, Buckley K, Massé D, Bélanger G, Eriksen-Hamel N, Gasser M. 2010. Soil nitrous oxide emissions following band-incorporation of fertilizer nitrogen and swine manure. *Journal of Environmental Quality* 39: 1545–1553.

Chantigny MH, Royer I, Rochette P, Angers DA, Massé DI, Benchaar C. 2012. *Manure storage strategies altered nutrient availability and greenhouse gas emissions following application to soils*. Document présenté à : 3rd AQSSS-CSSS Joint Meeting/Congrès conjoint AQSSS-SCSS: Soils in a changing climate: Friend of foe?; 3 au 8 juin, 2012 ; Manoir St-Castin, ville de Québec, QC, Canada.

Cheminfo Services Inc. et Clearstone Engineering Ltd. 2014. *Compilation of a national inventory of greenhouse gas and fugitive VOC emissions by the Canadian coal mining industry*. Rapport final soumis à la Section de l'énergie, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Cheminfo Services. 2005. *Improvements to Canada's greenhouse gas emissions inventory related to non-energy use of hydrocarbon products, Markham (Ontario)* : Cheminfo Services Inc.

- Cheminfo Services. 2010. *Study of potential additions and updates to the industrial process sources of GHGs in the Canadian GHG inventory, and development of Canadian-specific methodologies and emission estimates for such Sources*. Rapport final. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Décembre.
- Cheminfo Services. 2015. *Petrochemical production study: Carbon flows and GHG emissions*. Rapport final confidentiel. Markham (ON) : Cheminfo Services Inc.
- [CEEDC] Centre canadien de données sur l'énergie et les émissions. 2003. *A review of energy consumption in Canadian oil sands operations, heavy oil upgrading 1990, 1994 to 2001*. Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Mars.
- Cleary J. 2003. *Greenhouse gas emissions from peat extraction in Canada: A life cycle perspective*. MSc thèse Montreal (QC), Université de McGill. C2GCR Rapport N° 2003-1.
- [CRA] Conestoga-Rovers and Associates. 2014. *Characterization of coking coal, coke, and coke by-products for the purpose of developing updated carbon dioxide combustion emission factors*. Rapport final présenté au groupe sur l'énergie, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.
- Environnement Canada. 2006. Rapport ERMD 04-44 : *Greenhouse gas emissions from 1997-2005 model year light duty vehicles*. Rapport interne non publié d'Environnement Canada. Ottawa (Ontario) : Division de la recherche et de la mesure des émissions, Environnement Canada.
- Environnement Canada. 2009. Rapport ERMS 07-14A : *N₂O emissions from in use canadian tier 1 vehicles*, report a: greenhouse gas emission rates. Rapport interne non publié d'Environnement Canada. Ottawa (Ontario) : Division de la recherche et de la mesure des émissions, Environnement Canada.
- Environnement Canada. 2015. *review of country-specific HFCs emission estimations in the refrigeration and air conditioning sectors*. Edalatmanesh, M., et D. Niemi. Rapport inédit. Ottawa (Ontario).
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2017. *Updated CO₂ Emission Factors for Gasoline and Diesel Fuel*. Rapport non publié. Préparé par S. Tobin, Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (QC).
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2018. *Waste Incineration in Canada 1990-2008 – A summary of findings from surveys conducted in 2006-2018*. Rapport interne non publié préparé par la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Ottawa (Ontario).
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020a. Literature review on percent loss (%) from onsite leakages at off-farm anaerobic digestion systems. Rapport interne non publié. Ottawa (ON) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2020b. Literature review on emission factors for the composting process by feedstock type. Rapport interne non publié. Ottawa (ON) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2021a. New marketable natural gas emission factors and energy content values 1999 to 2019. Données internes non publiées. Ottawa (ON) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2021b. Carbon dioxide emission factors for coal combustion in Canada. ÉBAUCHE d'un rapport interne. Ottawa (ON) : Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada.
- [ECCC] Environnement et changement climatique Canada. 2022a. *DRAFT Carbon Dioxide Emission Factors for coal Combustion in Canada*. Rapport interne non publié d'Environnement Canada. Ottawa (ON) : Division des inventaires et des rapports sur les polluants.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2022b. Données déclarées par les installations du PDGES. Données non publiées
- [ECCC] Environnement et changement climatique Canada. 2022c. *Updated greenhouse gas emission estimates for off-road gasoline two-stroke engines*. ÉBAUCHE d'un rapport interne. Préparé par B. Greenlaw, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement et Changement climatique Canada. Gatineau (QC).
- [EERL] Energy and Emissions Research Laboratory. 2020. Improving upstream oil and gas emissions estimates with updated gas composition data. Préparé par D. Tyner et M. Johnson, EERL, Université de Carleton. Ottawa (ON).
- [FAO] Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2010. *Forest product conversion factors for the UNECE region*. Document de travail sur le bois et les forêts de Genève N° 49. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Forge T, Kenney E, Hashimoto N, Neilsen D, Zebarth B. 2016. Compost and poultry manure as preplant soil amendments for red raspberry: Comparative effects on root lesion nematodes, soil quality and risk of nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 223: 48–58.
- [FPL] Forest Products Laboratory. 2004. Fuel Value Calculator. 5th Ed. USDA forest service: Arlington (Virginie).
- Garcia Bravo T. 2015. *Picea mariana (Mill.) B.S.P. plantation on cutover peatland in Alberta (Canada): Evaluating the effect of fertilization and resulting carbon stocks*. MSc Thèse. Université de Calgary. Calgary (AB), 103 pp.

- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.
- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. GIEC Programme des inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/french/full.pdf>.
- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, Version révisée, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014 *Supplément aux Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre : terres humides*. Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M, Troxler TG, editors. GIEC, Suisse. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>.
- [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 [consultée le 22 mai 2020]. Volume 4 : Agriculture, Foresterie et autres affectations des terres. 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/>
- [GIEC/OCDE/AIE] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques, et Agence internationale de l'énergie. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* – Version révisée, 1996. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html>.
- Glatzel S., Kalbitz K., Dalva M., Moore T. 2003. Dissolved organic matter properties and their relationship to carbon dioxide efflux from restored peat bogs. *Geoderma* 113:397–411.
- Graham L., Rideout G., Rosenblatt D., Hendren J. 2008. Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles. *Atmospheric Environment*. 42: 4665–4681.
- Graham, L., Belisle S.L., Rieger P. 2009. Nitrous oxide emissions from light duty vehicles. *Atmospheric Environment*. 43: 2031–2044.
- Grant RF, Juma NG, Robertson JA, Izaurralde RC, McGill WB. 2001. Long-term changes in soil carbon under different fertilizer, manure, and rotation. *Soil Science Society American Journal* 65: 205–214. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.651205x>
- Hao X, Chang C, Travis GR, Zhang F. 2003. Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science* 166: 239–245.
- Hayne S., Jenkins C., Garneau M. 2014. *Off-site GHG emissions from Canadian peat products*. Rapport non publié. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.
- Hayne S., Verbicki M. 2011. *Aboveground biomass density of Canadian peatlands*. Rapport non publié. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.
- [IAI] International Aluminum Institute. 2006. *The aluminum sector greenhouse gas protocol (Addendum to the WRI/WBCSD Greenhouse Gas Protocol)*. International Aluminum Institute. Octobre.
- ICF Consulting. 2004. *Update of methane and nitrous oxide coefficients d'émission for on-highway vehicles*. Préparé pour l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis par ICF Consulting. Rapport n° 420-P-04-16.
- Izaurralde RC, McGill WB, Robertson JA, Juma NG, Thurston JJ. 2001. Carbon balance of the Breton classical plots over half a century. *Soil Science Society American Journal* 65: 431–441.
- Jaques A.P. 1992. *Estimations des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990*, Protection de l'environnement, Conservation et protection, Environnement Canada, Rapport SPE 5/AP/4.
- King B. 1994. *Management of methane emissions from coal mines: Environmental, engineering, economic and institutional implications of options*. Rapport préparé par Neill et Gunter pour Environnement Canada.
- Lactanet. 2022. Statistics from milk recording data. Vision 2000 [base de données].
- Larney FJ, Janzen HH. 1996. Restoration of productivity to a desurfaced soil with livestock manure, crop residue, and fertilizer amendments. *Agronomy Journal* 88: 921–927.
- Lemke R.L., Baron V., Iwaasa A., Farrell R., Schoenau J. 2012. *Quantifying nitrous oxide emissions resulting from animal manure on pasture, range and paddock by grazing cattle in Canada*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saskatoon (SK).
- Liang BC, Hao XY, Schoenau J, Ma BL, Zhang TQ, MacDonald JD, Chantigny M, Dyck M, Smith WN, Malhi SS, Thiagarajan A, Lafond J, Angers D. 2021. Manure-induced carbon retention measured from long-term field studies in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 321, 107619.
- Lynch DH, Voroney RP, Warman PR. 2005. Soil physical properties and organic matter fractions under forages receiving composts, manure or fertilizer. *Compost Science and Utilization* 13: 252–261.
- Maillard É, Angers DA, Chantigny M, Bittman S, Rochette P, Lévesque G, Hunt D, Parent LE. 2015. Carbon accumulates in organo-mineral complexes after long-term liquid dairy manure application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 202: 108–119.

- Maillard É, Angers DA, Chantigny M, Lafond J, Pageau D, Rochette P, Lévesque G, Leclerc ML, Parent LÉ. 2016. Greater accumulation of soil organic carbon after liquid dairy manure application under cereal-forage rotation than cereal monoculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 233: 171–178.
- Marinier M., Clark K., Wagner-Riddle, C. 2004. *improving estimates of methane emissions associated with animal waste management systems in Canada by adopting an IPCC Tier-2 methodology*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (ON).
- Marinier M., Clark K., Wagner-Riddle, C. 2005. *Determining manure management practices for major domestic animals in Canada*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (ON).
- McCann T.J. 2000. *1998 fossil fuel and derivative factors*, rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd.
- McNeil P., Waddington J.M. 2003. Moisture controls on sphagnum growth and CO₂ exchange on a cutover bog. *Journal of Applied Ecology*, 40(2): 354–367.
- [NCASI] National Council for Air and Stream Improvement. 2011. *Outils de calcul des GES pour les usines de produits du bois*. Version 3.3. National Council for Air and Stream Improvements. [Révisé : novembre 2013; consulté : 10 janvier 2020].
- [NCASI] National Council for Air and Stream Improvement. 2012. *Methane and nitrous oxide emissions from biomass-fired boilers and recovery furnaces*. Technical Bulletin No. 998. Research Triangle Park, Caroline du Nord: National Council for Air and Steam Improvement Inc.
- [OCTNHE] Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers. 2022. *Monthly gas flaring, injection and fuel volumes by facility*. Rapport non publié. Fourni par l'OCTNHE à Environnement et Changement climatique Canada [2022 avr 13].
- Oak Leaf Environmental, Inc. 2017. *Memorandum, recommended non-road CH₄ and N₂O emission rates* (Revision 2). Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.
- Oak Leaf Environmental, Inc. 2022. *Memorandum, Methane and nitrous oxide emission rates from Tier 3 certified light-duty gasoline vehicles*. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.
- Paré T, Diné H, Moulin AP, Townley-Smith L. 1999. Organic matter quality and structural stability of a Black Chernozemic soil under different manure and tillage practices. *Geoderma* 91: 311–326.
- Pelster DE, Chantigny MH, Rochette P, Angers DA, Rieux C, Vanasse A. 2012. Nitrous oxide emissions respond differently to mineral and organic nitrogen sources in contrasting soil types. *Journal of Environmental Quality* 41: 427–435.
- Petrinex. 2010–2021. Alberta Public Data - Conventional volumetric data. Disponible en ligne : <https://www.petrinex.ca/PD/Pages/APD.aspx> [cité le 31 mars 2022].
- Petrone R.M., Waddington J.M., Price J.S. 2001. Ecosystem scale evapotranspiration and net CO₂ exchange from a restored peatland. *Hydrological Processes* 15:2839–2845.
- Petrone RM, Waddington JM, Price JS. 2003. Ecosystem-scale flux of CO₂ from a restored vacuum harvested peatland. *Wetlands Ecology and Management* 11: 419–432.
- Radovan R., Hassani N. et al. 2012. *A statistical approach to carbon dioxide emission factors for coal consumed in Canada*. Rapport non publié. Gatineau (Québec), Environnement Canada, Division des inventaires et rapports sur les polluants.
- Rees HW, Chow TL, Zebarth B, Xing Z, Toner P, Lavoie J, Daigle JL. 2014. Impact of supplemental poultry manure application on potato yield and soil properties on a loam soil in north-western New Brunswick. *Canadian Journal of Soil Science* 94: 49–65.
- Rochette P, Angers DA, Chantigny MH, Gagnon B, Bertrand N. 2008. N₂O fluxes in soils of contrasting textures fertilized with liquid and solid dairy cattle manures. *Canadian Journal of Soil Science* 88: 175–187.
- Rochette P., Chantigny M.H., Ziadi N., Angers N., Bélanger G., Charbonneau E., Pellerin D., Liang B.C., Bertrand N. 2014. Soil nitrous oxide emissions after deposition of dairy cow excreta in eastern Canada. *Journal of Environmental Quality* 43:829–841.
- SGA Energy. 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 Limited.
- Sheppard S.C., Bittman S., Swift M.L., Beaulieu M., Sheppard M.I. 2011a. Ecoregion and farm size differences in dairy feed and manure nitrogen management: A survey. *Canadian Journal of Animal Science* 91:459–473.
- Sheppard S.C., Bittman S., Swift M.L., Tait J. 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., Bittman S., Swift M.L., Tait J. 2011b. Modelling monthly NH₃ emissions from dairy in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science* 91(4):649–661.
- Skog K.E. 2008. Sequestration of carbon in harvested wood products for the United States. *Forest Products Journal* 58:56–72.
- Sommerfeldt TG, Chang C, Entz T. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Science Society American Journal* 52: 1668–1672.
- Statistique Canada. 2014. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (annuel). N° 57-003-X au catalogue.
- Steenberg J., Ristow M., Duinker P., MacDonald D. 2021. *An updated approach for assessing Canada's urban forest carbon storage and sequestration*. Rapport interne non publié. Ottawa (ON), Environnement Canada.
- Strack M., Zuback Y. 2013. Annual carbon balance of a peatland 10 yr following restoration. *Biogeosciences* 10:2885–2896.

- Strack M., Keith A., Xu B. 2014. Growing season carbon dioxide and methane exchange at a restored peatland on the Western Boreal Plain. *Ecological Engineering* 64:231–239.
- Taşeli, B.K. 2018. Point source pollution and climate change impact from sequential batch reactor wastewater treatment plant. *Global NEST Journal* vol. 20.
- [U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 1995. *Compilation of air pollutant emission factors*, Vol. 1, chapitre 2.2, Sewage sludge incineration, 5^e édition, Environmental Protection Agency des États-Unis. Disponible en ligne : www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02.
- [U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 1998. Emission factor documentation for AP-42 section 2.4 municipal solid waste landfills revised.
- [U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 1996. *Compilation of air pollutant emission factors*, Vol. 1, Stationary point and area sources, AP-42, 5^e édition, supplément B, Sections 1.9 et 1.10. Washington D.C., Environmental Protection Agency des États-Unis.
- [U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 2003. *Compilation of air pollutant emission factors*, Vol. 1, Stationary point and area sources, AP-42, 5^e édition, section 1.6. Washington D.C., Environmental Protection Agency des États-Unis.
- [U.S. EPA] Agence de protection de l'environnement des États-Unis. 2010. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2008. Washington D.C., Environmental Protection Agency des États-Unis.
- Waddington J.M., Day S.M. 2007. Methane emissions from a peatland following restoration. *Journal of Geophysical Research* 112:1–11.
- Waddington J.M., Price J.S. 2000. Effect of peatland drainage, harvesting, and restoration on atmospheric water and carbon exchange. *Physical Geography* 21(5):433–451.
- Waddington J.M., Strack M., Greenwood M.J. 2010. Toward restoring the net carbon sink function of degraded peatlands: Short-term response in CO₂ exchange to ecosystem-scale restoration. *Journal of Geophysical Research* 115:1–13.
- Waddington J.M., Toth K., Bourbonniere R. 2008. Dissolved organic carbon export from a cutover and restored peatland. *Hydrological Processes* 22:2215–2224.
- Waddington J.M., Warner K.D. 2001. Atmospheric CO₂ sequestration in restored mined peatlands. *Ecoscience* 8(3):359–368.
- Waddington J.M., Warner K.D., Kennedy G.W. 2002. Cutover peatlands: A persistent source of atmospheric CO₂. *Global Biogeochemical Cycles* 16:1–7.
- White T, Luckai N, Larocque GR, Kurz WA, Smyth C. 2008. A practical approach for assessing the sensitivity of the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS₃). *Ecological Modelling* 219(3–4): 373–382.
- [WBCSD] World Business Council for Sustainable Development. 2005. *CO₂ Accounting and reporting standard for the cement industry*. Version 2.0. Suisse. Juin 2005.

Annexe 7, Ozone et précurseurs d'aérosols

[CCNUCC] Convention-cadre des Nations Unies 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, Décision 24/CP.19*. FCCC/CP/2013/10/Add.3. Disponible en ligne à : <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/fre/10a03f.pdf>.