Environnement Canada Environment Canada

Rapport d'inventaire national

1990–2011

SOURCES ET PUITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA

La proposition canadienne concernant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

Partie 2

Canada

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Canada

Vedette principale au titre :
Rapport d'inventaire national 1990–2011 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada

Annuelle
1990/2011
Publ. par : Division des Inventaires et rapports sur les polluants

Autre edition disponible : Rapport d'inventaire national 1990–2011 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada

Fait suite à : Inventaire canadien des gaz à effet de serre.

Ce document est disponible sure le site Web d'Environnement Canada à http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/

ISSN : 1910-7064

1. Gaz à effet de serre—Canada—Mesure—Périodiques
2. Méthane—Aspect de l'environnement—Canada—Périodiques
3. Oxyde azoteux—Aspect de l'environnement—Canada—Périodiques
4. Gaz carbonique— Aspect de l'environnement —Canada—Périodiques
5. Pollution—Canada—Mesure—Périodiques
I. Canada. Environnement Canada.
II. Division des Inventaires et rapports sur les polluants.
III. Titre.
IV. Titre : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada.

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contrair.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que.

Photo de couverture : © Photos.com – 2013

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de l'Environnement, 2013

Also available in English

Acronymes, abréviations et unités

AAC	Association de l'aluminium du Canada
AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
ACÉ	Association canadienne de l'électricité
ACG	Association canadienne du gaz
ACPA	Association canadienne des producteurs d'acier
ACPP	Association canadienne des produceurs pétroliers
AIA	Association de l'Industrie d'Aluminium du Québec
AIE	Agence internationale de l'énergie
AKR	accumulation au kilomètre révisés
Al	aluminium
Al_2O_3	alumine
API	American Petroleum Institute
APE	Agence de protection de l'environnement des ÉtatsUnis (EPA)
AQ	assurance qualité
ATCATF	affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie
B_0	potentiel de production maximale de méthane
BADA	Base of Aircraft Data
BDEEC	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada
C	carbone
C_2F_6	hexafluorure de carbone
C_2H_4	Ethylene
C_2H_6	ethane
C_3H_8	propane
C_4H_{10}	butane
C_6H_6	Benzene
CA	climatisation de l'air
CaC_2	Carbure de calcium
$CaCO_3$	carbonate de calcium; calcaire
$CaMg(CO_3)_2$	dolomite (appelé également $CaCO_3 \cdot MgCO_3$)
CANSIM	principale base de données socioéconomique de Statistique Canada
CanWEA	L'association canadienne de l'énergie éolienne
CaO	chaux; chaux vive; chaux calcinée
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDléger	camion léger à moteur diesel
CE	coefficient d'émission
CE_{BASE}	coefficient d'émission de base
CEléger	Camions légers à essence
CENDRES	teneur en cendres des fumiers
$Cendres_a$	teneur en cendres des anodes cuites
$Cendres_p$	teneur en hydrogène du brai
CF_4	tétrafluorure de carbone (tétrafluorurométhane)
CFC	chlorofluorocarbure
CGT	changements dans la gestion des terres
CH_3OH	méthanol
CH_4	méthane
$CHCL_3$	Chloroforme
CIEEDAC	entre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie

CIMC	motocyclette et du cyclomoteur
CMV	chlorure de monomère de vinyle
CO	monoxyde de carbone
CO_2	dioxyde de carbone
COD	carbone organique dégradable
COD_F	carbone organique dégradable dissimulé
CORINAIR	Core Inventory of Air Emissions in Europe
COS	carbone organique du sol
COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
CP	consommation de pâte
C-PLR	carbone stocké dans les produits ligneux récoltés
CQ	contrôle de la qualité
CS	carbure de silicium
CSL	culture sans travail du sol
CTI	Classification type des industries
CUPR	Cadre uniformisé de présentation de rapports
DBO_5	demande biochimique en oxygène sur cinq jours
DCE	dichlorure d'éthylène
DCO	demande chimique en oxygène
DGC	désulfuration des gaz de combustion
DJCh	degré-jour de chauffage
DSM	déchets solides municipaux
EB	énergie brute
EC	Environnement Canada
ED	énergie digestible
EEE	équipe d'examen composée d'experts
EFBMPC	Étude de faisabilité du boisement comme mode de piégeage du carbone
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
Éq.	équivalent
Éq. CO_2	équivalent CO_2
ER	émissions des récoltes
ERCB	Energy Resources Conservation Board
EVC	Enquête sur les véhicules au Canada
FAA	Federal Aviation Administration (United States)
FCM	facteur de conversion du méthane (agriculture)
FCM	facteur de correction du méthane (déchets)
FCTC	forêts converties en terres cultivées
FCTH	forêts converties en terres humides
FEA	four électrique à arc
FMO	fabrication de matériel original
FOB	des fours à oxygène de base
FOI	Swedish Defence Research Agency
$F_{TRAVAIL}$	coefficient de rapport pour le travail du sol
GE	gaz d'enfouissement
GES	gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPL	gaz de pétrole liquéfiés
GRI	Gas Research Institute
Gt	gigatonne
GTIS	Global Trade Information Services
H_2	hydrogène

H_2O	eau
H_2S	Sulfure d'Hydrogène
HCFC	hydrochlorofluorocarbure
HCl	acide chlorhydrique
HF	Fluorure d'Hydrogène
HFC	hydrofluorocarbure
HNO_3	acide nitrique
HQ	Hydro-Québec
I/M	inspection et maintenance
IA	inclus ailleurs
IAI	International Aluminium Institute
ICCCR	Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération
ICPP	Institut canadien des produits pétroliers
IESO	Société financière de l'Industrie de l'électricité de l'Ontario
IFCan	Inventaire national des forêts du Canada
Imp_a	fluor et autres impuretés
IMS	ingestion de matière sèche
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
K_2CO_3	carbonate de potassium
kha	millier d'hectares
kg	kilogramme
kt	kilotonne
kWh	kilowattheure
L_0	potentiel de production de méthane
LCPE 1999	Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999
LGN	liquides du gaz naturel
LTO	décollage et atterrissage
m	mètre
MBC	modèle du bilan du carbone
MBC-SCF3	modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien (troisième version)
MC	motocyclettes
MEGESA	modèle des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation
MEMGES	modèle des émissions de gaz à effet de serre de sources mobiles
Mg	magnésium; également mégagramme
$MgCO_3$	magnésite; carbonate de magnésium
MgO	magnésie; hydroxyde de magnésium; chaux dolomitique
Mha	million d'hectares
MMD	Masse maximale au décollage
MODTF	Modeling and Database Task Force
mol	mole
MOM	matière organique morte
MR	méthode de référence
MS	matière sèche
MS	méthode sectorielle
MSB	émissions de matière soluble dans le benzène
Mt	mégatonne
MW	mégawatt
N	azote
N_2	azote gazeux
N_2O	oxyde de diazote
Na_2CO_3	carbonate de sodium

Na_3AlF_6	cryolite
NCASI	Le Conseil national pour l'amélioration de l'air et des cours d'eau
N/D	non disponible
NE	non estimé
NH_3	ammoniac
NH_4^+	ammonium
NH_4NO_3	nitrate d'ammonium
NO	monoxyde d'azote
NO_2	dioxyde d'azote
NO_3^-	nitrate
NO_x	oxydes d'azote
NOC	Nitrous Oxide of Canada
O_2	oxygène
OACI	organisation de l'aviation civile internationale
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONE	Office national de l'énergie
PC	pouvoir calorifique supérieur
PCA	principaux contaminants atmosphériques
PCB	pouvoir calorifique brut
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PCN	pouvoir calorifique net
PDGES	Programme de déclaration des gaz à effet de serre
PFC	perfluorocarbure
PFC	poussières des fours à ciment
PGA	pétrole et gaz naturel en amont
PIB	produit intérieur brut
PJ	pétajoule
PLR	produit ligneux récolté
PNBV	poids nominal brut du véhicule
POP	polluant organique persistant
PPC	pédo-paysages du Canada
P/PE	précipitations/évapotranspiration potentielle
PPR	produit pétrolier raffiné
PRP	potentiel de réchauffement planétaire
PTDE	production, transport et distribution d'électricité
PTRC	Centre de recherché en technologie pétrolière (CRTP)
RCNS	réduction catalytique non sélective
RCS	réduction catalytique « sélective»
RCT	régime de culture et travail du sol
RIN	Rapport d'inventaire national
RMV	reformage du méthane à la vapeur
RNCan	Ressources naturelles Canada
RTI	Research Triangle Institute
S_a	teneur en soufre des anodes cuites
SACO	substance appauvrissant la couche d'ozone
SBR	styrène butadiène
SB/VPL	sables bitumineux et valorisation du pétrole lourd
Sc	teneur en soufre du coke calciné
SCF	Service canadien des forêts
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord

SF_6	hexafluorure de soufre
SGF	facteur de distribution du système de gestion des fumiers
SGF	les systèmes de gestion des fumiers
SGH	Søderberg à goujon horizontal
SGV	Søderberg à goujon vertical
SIG	système d'information géographique
SISCan	système d'information sur les sols du Canada
SO	sans objet
SO_2	dioxyde de soufre
SO_x	oxydes de soufre
Sp	teneur en cendres du brai
SSCR	Système de surveillance, de comptabilisation et de rapports
SV	solides volatils
t	tonne
TI	travail du sol intensif
TPCC	taux pondéré de consommation de carburant
TRS	travail réduit du sol
TWh	térawattheure
UE	Union européenne
VDléger	véhicule léger à moteur diesel
VDlourd	véhicule lourd à moteur diesel
VEléger	véhicule léger à essence
VElourd	véhicule lourd à essence
VKP	véhicule-kilomètre parcouru
VTT	véhicule toutterrain
VUS	véhicule utilitaire sport

Table des matières

Annexe 1 Catégories clés **17**
A1.1. Catégories clés - méthodologie 17
A1.2. Tableaux des catégories clés 22

Annexe 2 Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à la combustion de combustibles fossiles **27**
A2.1. Méthodologie 27
A2.2. Données sur les activités – Statistique Canada 28
A2.3. Coefficients d'émission des modèles de combustion 29
A2.4. Méthodologie pour la combustion fixe et le transport 30

Annexe 3 Autres méthodologies **57**
A3.1. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles 57
A3.2. Méthodologie pour les procédés industriels 71
A3.3. Méthodologie pour le secteur agricole 80
A3.4. Méthodologie relative à l'affectation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie 120
A3.5. Méthodologie pour les déchets 170

Annexe 4 Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence **196**
A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle 196
A4.2. Méthode de référence 198
A4.3. Bilan énergétique national 200

Annexe 5 Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire **204**
A5.1. Énergie 204
A5.2. Procédés industriels 204
A5.3. Utilisation des solvants et d'autres produits 205
A5.4. Agriculture 206
A5.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie 206
A5.6. Déchets 207

Annexe 6 Assurance et contrôle de la qualité **209**
A6.1. Caractéristiques du plan d'AC/de CQ de l'inventaire national 209
A6.2. Processus de production de l'inventaire annuel 209
A6.3. Procédures de CQ 210
A6.4. Procédures d'AQ 210
A6.5. Vérification 211

Annexe 7 Degré d'incertitude **212**
A7.1. Introduction 212
A7.2. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2011 212
A7.3. Améliorations prévues 217

Annexe 8 Coefficients d'émission **219**
A8.1. Combustion des combustibles 219
A8.2. Procédés industriels 226
A8.3. Utilisation des solvants et d'autres produits 229

A8.4. Agriculture 230
A8.5. Combustion de la biomasse 230
A8.6. Déchets 233

Annexe 9 Protocole d'arrondissement 235

Annexe 10 Ozone et précurseurs d'aérosols 237

Références 240

Liste des tableaux

Tableau A1–1	Sommaire de l'analyse des catégories clés, rapport de 2011	18
Tableau A1–2	Catégories clés de 1990 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	21
Tableau A1–3	Catégories clés de 2011 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	22
Tableau A1–4	Catégories clés selon l'évaluation de la tendance avec l'ATCATF	24
Tableau A1–5	Catégories clés selon l'évaluation de la tendance sans l'ATCATF	25
Tableau A2–1	Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe	30
Tableau A2–2	Catégories générales de combustibles utilisées dans le calcul des émissions de combustion des sources fixes	42
Tableau A2–3	Références des données d'activités utilisées par le modèle	42
Tableau A2–4	Pénétration de la technologie antipollution -- véhicules lourds à essence, véhicules lourds à moteur diesel, véhicules et camions légers à moteur diesel et motos	48
Tableau A3–1	Coefficients d'émissions fugitives pour les mines de charbon	57
Tableau A3–2	Répartition des émissions de l'inventaire PGA selon les catégories d'émissions fugitives du CUPR	59
Tableau A3–3	Sources de données d'activité requises par le modèle du PGA	61
Tableau A3–4	Données d'activité utilisées pour ventiler les émissions par secteur et par source	62
Tableau A3–5	Coefficients d'émission pour le transport du gaz naturel de 1997 à aujourd'hui	63
Tableau A3–6	Données d'activité des raffineries et sources	64
Tableau A3–7	Sources et zones d'opérations utilisées dans le rapport sur le bitume (ACPP, 2006)	66
Tableau A3–8	Données d'activité utilisées pour le modèle de bitume	69
Tableau A3–9	Coefficients d'émission de CO_2 pour les liquides de gaz naturel	73
Tableau A3–10	Coefficients d'émission de CO_2 pour les produits pétroliers non énergétiques	73
Tableau A3–11	Catégories d'animaux et sources de données sur les populations	79
Tableau A3–12	Modèle des étapes de production bovine	81
Tableau A3–13	Caractéristiques de la production laitière au Canada en 2001	82
Tableau A3–14	Production laitière moyenne de 1990 à 2011 à l'échelon provincial	82
Tableau A3–15	Caractéristiques de la production bovine au Canada en 2001	84
Tableau A3–16	Poids des carcasses utilisé comme indicateur de changement du poids vif des bovins non laitiers	85
Tableau A3–17	Coefficients d'émission de CH_4 pour la fermentation entérique - bovins - de 1990 à 2011	87
Tableau A3–18	Incertitudes liées aux données d'entrée, sources d'incertitude et catégorie spatiale et animale à laquelle l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins de l'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique	91
Tableau A3–19	Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins et intervalle de confiance connexe de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne	94
Tableau A3–20	Énergie digestible approximative (ED) pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage et sources de données	95
Tableau A3–21	Matière sèche ingérée par certains animaux d'élevage	96
Tableau A3–22	Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage et sources de données	96
Tableau A3–23	Pourcentages de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) pour le Canada (Marinier et al., 2004), présentés sous forme de moyennes nationales	97
Tableau A3–24	Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers des différentes souscatégories de bovins, de 1990 à 2011	98

Tableau A3–25	Coefficients d'émission de CH_4 pour la gestion des fumiers d'animaux autres que les bovins	98
Tableau A3–26	Incertitudes concernant les données d'entrée, sources d'incertitude et catégorie spatiale et animale à laquelle l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins de l'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers	101
Tableau A3–27	Série chronologique des taux d'excrétion d'azote provenant du fumier pour les espèces bovines (kg de N/animal/année)	105
Tableau A3–28	Taux d'excrétion d'azote provenant du fumier pour les espèces non bovines	105
Tableau A3–29	Pertes totales d'azote, de NH_{3-} et de NO_x-N, pour divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers	109
Tableau A3–30	Brûlage des résidus de récolte selon les types de culture en 2006 (EGA, 2006)	118
Tableau A3–31	Brûlage des résidus de récolte par province, au Canada, pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006	118
Tableau A3–32	Unités analytiques spatiales des forêts aménagées	120
Tableau A3–33	Estimations de la superficie des terres, des plans d'eau, des forêts aménagées et des terres agricoles en 2011	121
Tableau A3–34	Réservoirs de carbone forestier selon le GIEC et le MBC-SFC3	122
Tableau A3–35	Principales sources d'informations et de données sur les forêts aménagées	125
Tableau A3–36	Flux de GES absorbés et libérés par les forêts aménagées, 2011	135
Tableau A3–37	Plages d'incertitude pour le carbone des produits ligneux récoltés, par province et territoire du Canada. Source : Metsaranta et al., 2013.)	136
Tableau A3–38	Valeurs généralisées des paramètres relatifs à $F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - \exp^{(-k \times t)}]$ pour prévoir les fluctuations résultant du changement d'affectation des terres (CAT) et les coefficients linéaires efficaces de fluctuation du COS	145
Tableau A3–39	COS dans les terres forestières et agricoles de l'est et de l'ouest du Canada selon le Système d'information sur les sols du Canada (profondeur de sol de 0 à 30 cm)	154
Tableau A3–40	Paramètres et coefficients d'émission permettant d'estimer les émissions de CO_2-C des terres humides (tourbières)	161
Tableau A3–41	Valeurs par défaut des paramètres utilisés dans l'analyse des PLR	168
Tableau A3–42	Densités du bois selon les produits	168
Tableau A3–43	Coefficients polynomiaux de régression linéaire multiple utilisés pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 1997 et en 2005	172
Tableau A3–44	DSM enfouis de 1990 à 2011	173
Tableau A3–45	Déchets ligneux produits et enfouis au Canada de 1990 à 2011	174
Tableau A3–46	Estimation des valeurs de k relatives aux précipitations annuelles moyennes et aux décharges de DSM pour les décharges provinciales	175
Tableau A3–47	Estimations provinciales et territoriales des valeurs de k (an^{-1}) des décharges de DSM	176
Tableau A3–48	Facteurs de correction du CH_4 présent dans les décharges de déchets solides	177
Tableau A3–49	Valeurs provinciales et territoriales de potentiel de production de CH_4 (L_0)	178
Tableau A3–50	Quantité estimative de CH4 produit par les DSM captée, éliminée par torchage et libérée de 1990 à 2011	180
Tableau A3–51	Pourcentage des eaux usées traitées par voie anaérobie (par province et territoire) pour la période de 1990 à 2011	183
Tableau A3–52	Valeurs de DCO utilisées dans l'estimation des émissions de CH_4, par type d'industrie	185
Tableau A3–53	Consommation canadienne de protéines	185
Tableau A3–54	Estimation des DSM incinérés (par province) de 1990 à 2011	189
Tableau A3–55	Quantités de déchets incinérés en 1992	189
Tableau A3–56	Composition organique estimative et teneur en humidité et en carbone des DSM	190

Tableau A3–57 Données sur les activités et émissions attribuables à l'incinération de déchets dangereux de 1990 à 2011 191
Tableau A3–58 Estimation de la quantité de boues d'épuration incinérées de 1990 à 2011 194
Tableau A4–1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada (1990-2000) 195
Tableau A4–2 Facteurs de conversion de l'énergie et coefficients d'émission applicables au Canada selon l'approche de référence 197
Tableau A7–1 Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF 212
Tableau A7–2 Évaluation du degré d'incertitude avec le secteur ATCATF 216
Tableau A8–1 Coefficients d'émission de CO_2 pour le gaz naturel 218
Tableau A8–2 Coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O pour le gaz naturel 219
Tableau A8–3 Coefficients d'émission pour les liquides du gaz naturel 219
Tableau A8–4 Coefficients d'émission des produits pétroliers raffinés 220
Tableau A8–5 Coefficients d'émission de CO_2 pour le coke de pétrole, le gaz de distillation et les GPL des raffineries 220
Tableau A8–6 Coefficients d'émission de N_2O pour le coke de pétrole 221
Tableau A8–7 Coefficients d'émission de CO_2 pour le charbon 222
Tableau A8–8 CO_2 Emission Factors for Coal Products 222
Tableau A8–9 Coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O pour le charbon 223
Tableau A8–10 Coefficients d'émission pour les combustibles de remplacement 223
Tableau A8–11 Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'énergie 224
Tableau A8–12 Coefficients d'émission de dioxyde de carbone (CO_2) pour les produits minéraux 225
Tableau A8–13 Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac 225
Tableau A8–14 Coefficients d'émission de N_2O pour la production d'acide nitrique et d'acide adipique 226
Tableau A8–15 Coefficients d'émission pour les produits pétrochimiques 226
Tableau A8–16 Coefficients d'émission de CO_2 pour l'industrie de la sidérurgie 226
Tableau A8–17 Coefficients d'émission de niveau 1 pour la production d'aluminium 226
Tableau A8–18 Coefficients d'émission pour la consommation de HFC en 1995 227
Tableau A8–19 Taux d'émission pour la consommation de HFC et de PFC 228
Tableau A8–20 Coefficients d'émission de CO_2 pour l'utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques 229
Tableau A8–21 Coefficients d'émission pour l'utilisation de solvants et d'autres produits 229
Tableau A8–22 Coefficients d'émission du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines 230
Tableau A8–23 Potentiel de production maximale de méthane (B0) par catégorie animale 230
Tableau A8–24 Facteur de conversion en méthane (FCM) par catégorie animale et système de gestion des fumiers 230
Tableau A8–25 Coefficients d'émission pour l'azote du fumier émis sous forme d'azote du N_2O (N_2O-N), par catégorie animale, pour chaque système de gestion des fumiers (GIEC/OCDE/AIE, 1997) 231
Tableau A8–26 Coefficients d'émission pour la biomasse 231
Tableau A8–27 Coefficients d'émission pour la combustion des gaz d'enfouissement 232
Tableau A9–1 Nombre de chiffres significatifs appliqués aux tableaux-synthèses des GES 235
Tableau A10–1 Sommaire des émissions de 2010 de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques et d'oxyde de soufre pour le Canada 237

Liste des figures

Figure A2–1 Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES 28

Figure A2–2 Technology Penetration for Light-duty Gasoline Vehicles and Trucks 49

Figure A3–1 Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC 86

Figure A3–2 CE_{CT} en fonction du rapport à long terme des précipitations sur l'évapotranspiration potentielle (P/EP), de 1971 à 2000 108

Figure A3–3 Ventes d'engrais azotés synthétiques au Canada, de 1990 à 2011 112

Figure A3–4 Détermination des valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ pour l'écodistrict 118

Figure A3–5 Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC SFC3. White et al. (2008) 124

Figure A3–6 Matrice des perturbations simulant les transferts de carbone atrribuables à la coupe à blanc dans la zone de déclaration 14 (Cordillère montagnarde) 125

Figure A3–7 Arbre décisionnel pour le calcul de la superficie des forêts aménagées 128

Figure A3–8 Terres avec forêts aménagées et non aménagées au Canada 128

Figure A3–9 Strates de conversion des forêts et secteurs d'échantillonnage pour le rapport de 2013 130

Figure A3–10 Grilles d'échantillonnage sur des images satellites de cartes de conversion de forêts. Fond : secteur près de Kelowna, Colombie Britannique, image Landsat TM, été 2000. À droite, les échantillonnages sont plus nombreux, avec une densité de 12 %; à gauche, la densité est de 6 %. 130

Figure A3–11 Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts 132

Figure A3–12 Taux annuel de conversion des forêts en terres cultivées (FCTC) et conversion des forètes en terres humides (FCTH, mise en eau des réservoirs) 132

Figure A3–13 Plage d'incertitude des flux nets de CO_2 (TFTF) (lignes pleines minces), la valeur médiane des 100 simulations de la méthode de Monte Carlo (ligne tiretée) et les estimations du rapport de 2013 (ligne épaisse) pour chaque année d'inventaire de la série chronologique de 1990-2011. Source : Metsaranta et al., 2013) 138

Figure A3–14 Méthode d'établissement des coefficients de carbone pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt 141

Figure A3–15 Méthode d'établissement de fichiers de données d'entrée pour l'aménagement des terres utilisés par le modèle Century afin d'estimer le coefficient de carbone pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt 142

Figure A3–16 Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture vivace (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction de passes du modèle CENTURY pour un loam de Lethbridge 143

Figure A3–17 Fluctuations du COS dans le cadre de simulations avec remplacements par rapport à des simulations de la combinaison de cultures de base 144

Figure A3–18 Coefficients du carbone en fonction du temps 144

Figure A3–19 Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres pour estimer la variation du carbone sur de grandes superficies 147

Figure A3–20 Dynamique du COS simulée sur un siècle après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernozémiques bruns et foncés 153

Figure A3–21 COS simulé selon le modèle CENTURY après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées 156

Figure A3–22 Courbe logarithmique rajustée en fonction des coefficients nationaux d'émission des réservoirs 163

Figure A3–23 Superficies cumulatives de la catégorie Terres converties en terres humides (terres submergées) 164
Figure A3–24 Régions étudiées pour déterminer la biomasse aérienne dans la région arctique et subarctique du Canada 166
Figure A3–25 Schéma du flux de carbone dans les produits ligneux récoltés 168
Figure A3–26 Représentation de la dégradation d'une décharge selon le modèle Scholl Canyon 171
Figure A4–1 Schéma de circulation de l'énergie au Canada 201
Figure A4–2 Apports de données sur les combustibles fossiles et l'énergie 202

Annexe 1

Catégories clés

A1.1. Catégories clés - méthodologie

La présente annexe décrit l'utilisation d'une analyse des catégories clés de niveau 1 du GIEC et des résultats aux fins du rapport d'inventaire du Canada. Les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2000) ainsi que les *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie* (GIEC, 2003) recommandent les deux 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 : elle est « 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 pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux » (GIEC, 2000).

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 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 d'identifier les catégories clés à partir de deux perspectives : leur contribution aux émissions totales et aux tendances des émissions. L'évaluation de niveau analyse la contribution de chaque catégorie d'émissions au total national (avec et sans l'affectation des terres, changements d'affectation des terres et 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. On calcule 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, 2000). 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 ou 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 clés, sur le plan quantitatif.

Évaluation du niveau

Le niveau de contribution de chacune des sources est déterminé à l'aide de l'Équation A1–1, qui est conforme aux recommandations du GIEC (2000).

L'Équation A1–2 est utilisée pour calculer le niveau de contribution des sources et des puits en suivant les recommandations du GIEC (2003).

Équation A1–1: pour l'évaluation du niveau des catégories de sources

$$L_{x,t} = \frac{E_{x,t}}{E_t}$$

où :

$L_{x,t}$	=	évaluation du niveau de la source x au cours de l'année t.
$E_{x,t}$	=	estimation des émissions sous forme d'équivalent CO_2 pour la catégorie de sources x au cours de l'année t.
E_t	=	estimation de l'inventaire total (en équivalent CO_2) pour l'année t.

Équation A1–2: pour l'évaluation du niveau des catégories de sources ou de puits

$$L^*_{x,t} = \frac{E^*_{x,t}}{E^*_t}$$

où :

$L^*_{x,t}$ = évaluation du niveau de la source ou du puits x au cours de l'année t. L'astérisque (*) indique que les contributions de toutes les catégories (y compris l'ATCATF) sont comptabilisées en valeur absolue (les valeurs négatives sont toujours établies en valeurs positives équivalentes).

$E^*_{x,t}$ = $|E_{x,t}|$ valeur absolue de l'estimation des émissions ou des absorptions (éq. CO_2) pour la catégorie de sources ou de puits x au cours de l'année t.

E^*_t = $\sum_x |E_{x,t}|$ la somme des valeurs absolues d'émission et d'absorption (kt d'éq. CO_2) pour l'année t, pour toutes les catégories de sources ou de puits x.

Évaluation de la tendance

La contribution de chacune des sources aux tendances des émissions est déterminée à l'aide de l'Équation A1–3, qui est conforme aux recommandations du GIEC (2000) et de l'Équation A1–4, conforme aux recommandations du GIEC (2003). Il faut noter que l'Équation A1–4 ne sert que lorsqu'il n'y a pas d'émissions pendant l'année en cours. Les Équation A1–5 et Équation A1–6 servent à calculer la contribution des sources et des puits aux tendances selon les directives du GIEC (2003). L'Équation A1–6 ne sert que lorsqu'il n'y a pas d'émissions pendant l'année en cours.

Équation A1–3: pour l'évaluation de la tendance des catégories de sources :

$$T_{x,t} = L_{x,t} \bullet \left| \left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,o})}{E_{x,t}} \right] - \left[\frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right] \right|$$

où :

$T_{x,t}$ = contribution de la tendance de la catégorie de sources à la tendance de l'inventaire total (c'est-à-dire l'évaluation de la tendance); la contribution est toujours établie en valeur absolue.

$L_{x,t}$ = évaluation du niveau de la source x au cours de l'année t (obtenue au moyen de l'Équation A1–1).

$E_{x,t}$ et $E_{x,o}$ = estimation des émissions (éq. CO_2) pour la catégorie de source x au cours des années t et 0, respectivement.

E_t et E_0 = estimation de l'inventaire total pour les années t et 0, respectivement.

Équation A1–4: pour l'évaluation de la tendance des catégories de sources et de puits

$$T_{x,t} = \left| \frac{E_{x,o}}{E_t} \right|$$

où :

$T_{x,t}$ = contribution de la tendance de la catégorie de sources à la tendance de tablie en valeur absolue. l'inventaire total (c'est-à-dire l'évaluation de la tendance); la contribution est toujours établie en valeur absolue.

$E_{x,o}$ = estimation des émissions (éq. CO_2) pour la catégorie de source x au cours de l'année 0.

E_t = estimation des émissions (éq. CO_2) totales de l'inventaire au cours de l'année t

Note : Selon les recommandations du GIEC (2003), cette équation n'apparaît pas dans les recommandations du GIEC (2000) mais s'applique généralement aux catégories qui ne sont pas de l'ATCATF.

Équation A1–5: pour l'évaluation de la tendance des catégories de sources et de puits

$$T_{x,t} = \frac{E^*_{x,t}}{E^*_t} \bullet \left| \left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,o})}{E_{x,t}} \right] - \left[\frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right] \right|$$

où :

$T^*_{x,t}$ = contribution de la tendance de la catégorie de sources ou de puits à la tendance de l'inventaire total. L'évaluation de la tendance est toujours établie en valeur absolue.

$L^*_{x,t}$ = L'évaluation de niveau pour la catégorie x de source et de puits au cours de l'année t.

$E_{x,t}$ et $E_{x,o}$ = estimation des émissions (éq. CO_2) pour la catégorie de source x au cours des années t et 0, respectivement.

E_t et E_0 = $\sum_x E_{x,t}$ et $\sum_x E_{x,o}$, somme de l'ensemble des émissions et des absorptions des catégories de sources et de puits x (éq. CO_2) au cours des années t et 0, respectivement; Et diffère de E*t dans l'Équation A1–2, étant donné que les absorptions ne sont pas indiquées en valeur absolue.

Équation A1–6: pour l'évaluation de la tendance de la catégorie de sources et de puits dont les emissions en cours d'année sont égales à zero

$$T^*_{x,t} = \left| \frac{E_{x,o}}{E_t} \right|$$

où :

$T^*_{x,t}$ = the contribution of the source or sink category trend to the overall inventory trend (i.e. the trend assessment); the trend assessment is always recorded as an absolute value.

$E_{x,o}$ = estimation des émissions (éq. CO_2) pour la catégorie de source x au cours de l'année 0.

E_t = $\sum_x E_{x,t}$, somme de l'ensemble des émissions et des absorptions des catégories de sources et de puits x (éq. CO_2) au cours des années t; E_t diffère de E^*_t dans l'Équation A1–2, étant donné que les absorptions ne sont pas indiquées en valeur absolue.

La détermination de catégories clés vise surtout à établir les meilleures pratiques pour établir l'inventaire des GES. 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. 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 certain regroupement des unes et des autres peut se produire quand on emploie les mêmes facteurs d'émission basés sur des hypothèses communes d'estimation. Dans cette analyse, les grandes catégories, comme l'utilisation de combustibles, les émissions fugitives, les procédés industriels, l'agriculture et les déchets sont conformes au CUPR. Au sein de ces catégories, le regroupement de catégories secondaires se produit lorsque les estimations se fondent sur des bases communes : hypothèses sur les coefficients d'émission et données sur les activités.

A1.1.1. Évaluation sommaire

Les catégories clés ont été évaluées, pour l'année d'inventaire 2011, en utilisant les critères du niveau et de la tendance et, pour l'année de référence, en utilisant seulement le critère du niveau.

Il y avait 30 catégories clés de niveau en 1990, alors qu'il y en avait 35 en 2011 pour tous les critères combinés. Les résultats sont présentés au Tableau A1–1.

Tableau A1–1 Sommaire de l'analyse des catégories clés, rapport de 2011

Tableau des sources	Catégorie du GIEC	Émissions directes de GES	Catégorie clé (1990-2011)	Critères (1990-2011)
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CH_4	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	N_2O	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles liquides	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles liquides	CH_4	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles liquides	N_2O	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles gazeux	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles gazeux	CH_4	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Combustibles gazeux	N_2O	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Autres combustibles	CO_2	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Autres combustibles	CH_4	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Autres combustibles	N_2O	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Biomasse	CO_2	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Biomasse	CH_4	Non/Non	
1-A	Combustion de sources fixes - Biomasse	N_2O	Non/Non	
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO_2	Oui/Oui	N/N,T

Tableau A1-1 Sommaire de l'analyse des catégories clés. Inventaire de 2011 (continué)

Tableau des sources	Catégorie du GIEC	Émissions directes de GES	Catégorie clé (1990-2011)	Critères (1990-2011)
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CH_4	Non/Non	
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	N_2O	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_2O	Oui/Non	N
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_2O	Non/Non	
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CO_2	Oui/Oui	N/N
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CH_4	Non/Non	
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	N_2O	Non/Non	
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CH_4	Non/Non	
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	N_2O	Non/Oui	T
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CH_4	Non/Non	
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	N_2O	Non/Non	
1-B-1-a	Émissions fugitives - Extraction du charbon	CH_4	Non/Oui	T
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_2O	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,T
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	N_2O	Non/Non	
2-A-1	Procédés industriels - Production de ciment	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
2-A-2	Procédés industriels - Production de chaux	CO_2	Non/Non	
2-A-3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO_2	Non/Non	
2-A-4	Procédés industriels - Production et utilisation de carbonate de sodium	CO_2	Non/Non	
2-A-7-2	Procédés industriels - Utilisation de magnésite	CO_2	Non/Non	
2-B-1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO_2	Oui/Oui	N/N
2-B-2	Procédés industriels - Production d'acide nitrique	N_2O	Non/Non	
2-B-3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N_2O	Oui/Oui	N/T
	Procédés industriels - Production pétrochimique	CH_4	Non/Non	
	Procédés industriels - Production pétrochimique	N_2O	Non/Non	
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO_2	Non/Oui	N,T
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFC	Oui/Oui	N/T
2-C-4-1	Procédés industriels - Production d'aluminium	SF_6	Non/Non	
2-C-4-2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF_6	Non/Oui	T
2-C-5	Procédés industriels - Moulage de magnésium	SF_6	Non/Non	

Tableau A1-1 Sommaire de l'analyse des catégories clés. Inventaire de 2011 (continué)

Tableau des sources	Catégorie du GIEC	Émissions directes de GES	Catégorie clé (1990-2011)	Critères (1990-2011)
2-E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	HFC	Non/Non	
2-E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	PFC	Non/Non	
2-E	Procédés industriels - Production de SF_6	SF_6	Non/Non	
2-F	Procédés industriels - Consommation d'halocarbures	HFC	Non/Oui	N,T
2-F	Procédés industriels - Consommation d'halocarbures	PFC	Non/Non	
2-F-6	Procédés industriels - Consommation de SF_6 pour le matériel électrique	SF_6	Non/Non	
2-F-7	Procédés industriels - Consommation de SF_6 pour semi-conducteur	SF_6	Non/Non	
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
3-D	Utilisation des solvants et d'autres produits	N_2O	Non/Non	
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	Oui/Oui	N/N,T
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	CH_4	Non/Non	
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	N_2O	Oui/Non	N
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N_2O	Oui/Oui	N/N,T
4-D-2	Agriculture - Épandage de fumier sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos	N_2O	Non/Non	
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N_2O	Oui/Oui	N/N,T
	Agriculture - Incinération des résidus agricoles dans les champs	CH_4	Non/Non	
	Agriculture - Incinération des résidus agricoles dans les champs	N_2O	Non/Non	
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH_4	Oui/Oui	N/N,T
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	N_2O	Non/Oui	N,T
5-A.2	ATCATF - Terres converties en terres forestières	CO_2	Non/Non	
5-B.1	ATCATF - Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO_2	Non/Oui	N,T
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CH_4	Non/Non	
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	N_2O	Non/Non	
5-D.1	ATCATF - Terres humides dont la vocation n'a pas changé	CO_2	Non/Non	
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CO_2	Oui/Oui	N/T
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CH_4	Non/Non	
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	N_2O	Non/Non	
5-E.2	ATCATF - Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé	CO_2	Non/Non	
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO_2	Oui/Oui	N/N,T
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CH_4	Non/Non	
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	N_2O	Non/Non	
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH_4	Oui/Oui	N/N,T
6-B	Déchets - Épuration des eaux usées	CH_4	Non/Non	
6-B	Déchets - Épuration des eaux usées	N_2O	Non/Non	
6-C	Déchets - Incinération des déchets	CO_2	Non/Non	
6-C	Déchets - Incinération des déchets	N_2O	Non/Non	
6-C	Déchets - Incinération des déchets	CH_4	Non/Non	

Notes : N = catégorie clé selon le niveau (pour une année donnée), T = catégorie clé selon la tendance (entre l'année de référence et l'année en cours)

A1.2. Tableaux des catégories clés

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

Le Tableau A1–2 comprend les catégories clés de 1990 issues de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF.

Tableau A1–2 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	1990 (kt d'éq. CO_2)	2011 (kt d'éq. CO_2)	Évaluation du niveau Sans ATCATF	Évaluation du niveau Avec ATCATF	Total cumulatif Sans ATCATF	Total cumulatif Avec ATCATF
1-A*	Combustion de sources fixes-Combustibles gazeux	CO_2	122 376	183 720	0,207	0,171	0,21	0,17
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO_2	93 216	131 823	0,158	0,130	0,37	0,30
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO_2	-91 373	65 720	S.O.	0,127	S.O.	0,43
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO_2	85 870	72 383	0,145	0,120	0,51	0,55
1-A*	Combustion de sources fixes-Combustibles liquides	CO_2	66 308	49 855	0,112	0,092	0,62	0,64
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO_2	21 459	35 261	0,036	0,030	0,66	0,67
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH_4	17 437	20 052	0,030	0,024	0,69	0,69
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	16 111	17 983	0,027	0,022	0,72	0,72
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH_4	14 619	23 348	0,025	0,020	0,74	0,74
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH_4	14 053	20 304	0,024	0,020	0,76	0,76
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N_2O	13 805	15 955	0,023	0,019	0,79	0,78
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO_2	12 955	5 091	S.O.	0,018	S.O.	0,79
2-B-3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N_2O	10 718	0,21	0,018	0,015	0,81	0,81
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	10 193	9 861	0,017	0,014	0,82	0,82
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO_2	8 852	9 321	S.O.	0,012	S.O.	0,84
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N_2O	8 677	10 840	0,015	0,012	0,84	0,85
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	7 632	15 236	0,013	0,011	0,85	0,86
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO_2	7 047	5 946	0,012	0,010	0,86	0,87
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	6 652	5 441	0,011	0,009	0,87	0,88
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFCs	6 539	1 442	0,011	0,009	0,88	0,89
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO_2	6 159	6 012	0,010	0,009	0,90	0,90
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CO_2	6 002	7 321	0,010	0,008	0,91	0,90
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO_2	5 459	7 698	0,009	0,008	0,91	0,91
2-A-1	Procédés industriels - Production de ciment	CO_2	5 436	5 741	0,009	0,008	0,92	0,92
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CO_2	4 693	5 669	0,008	0,007	0,93	0,93
2-B-1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO_2	4 510	5 750	0,008	0,006	0,94	0,93
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CO_2	4 037	734	S.O.	0,006	S.O.	0,94
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	N_2O	3 195	3 169	0,005	0,004	0,94	0,94
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	N_2O	3 159	3 675	0,005	0,004	0,95	0,95
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH_4	2 954	11 238	S.O.	0,004	S.O.	0,95

Note: S.O. = Sans objet

Le Tableau A1–3 comprend les catégories clés de 2011 issues de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF.

Tableau A1–3 Catégories clés de 2011 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	1990 (kt d'éq. CO_2)	2011 (kt d'éq. CO_2)	Évaluation du niveau Sans ATCATF	Évaluation du niveau Avec ATCATF	Total cumulatif Sans ATCATF	Total cumulatif Avec ATCATF
1-A*	Combustion de sources fixes-Combustibles gazeux	CO_2	122 376	183 720	0,262	0,225	0,26	0,23
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO_2	93 216	131 823	0,188	0,161	0,45	0,39
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO_2	85 870	72 383	0,103	0,089	0,55	0,48
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO_2	-91 373	65 720	S.O.	0,080	S.O.	0,56
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles liquides	CO_2	66 308	49 855	0,071	0,061	0,62	0,62
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO_2	21 459	35 261	0,050	0,043	0,67	0,66
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH_4	14 619	23 348	0,033	0,029	0,71	0,69
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH_4	14 053	20 304	0,029	0,025	0,74	0,71
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH_4	17 437	20 052	0,029	0,025	0,77	0,74
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	16 111	17 983	0,026	0,022	0,79	0,76
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N_2O	13 805	15 955	0,023	0,020	0,81	0,78
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	7 632	15 236	0,022	0,019	0,84	0,80
5-B.1	ATCATF - Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO_2	-1 583	-13 240	S.O.	0,016	S.O.	0,81
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH_4	2 954	11 238	S.O.	0,014	S.O.	0,83
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N_2O	8 677	10 840	0,015	0,013	0,85	0,84
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	10 193	9 861	0,014	0,012	0,86	0,85
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO_2	8 852	9 321	S.O.	0,011	S.O.	0,86
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO_2	5 459	7 698	0,011	0,009	0,88	0,87
2-F	Procédés industriels - Consommation d'halocarbures	HFC	0	7 527	0,011	0,009	0,89	0,88
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CO_2	6 002	7 321	0,010	0,009	0,90	0,89
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	N_2O	1 825	6 976	S.O.	0,009	S.O.	0,90
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO_2	6 159	6 012	0,009	0,007	0,91	0,91
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO_2	7 047	5 946	0,008	0,007	0,91	0,92
2-B-1	Industrial Processes - Production d'ammoniac	CO_2	4 510	5 750	0,008	0,007	0,92	0,92
2-A-1	Procédés industriels - Production de ciment	CO_2	5 436	5 741	0,008	0,007	0,93	0,93
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CO_2	4 693	5 669	0,008	0,007	0,94	0,94
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	6 652	5 441	0,008	0,007	0,95	0,94
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO_2	12 955	5 091	S.O.	0,006	S.O.	0,95
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO_2	2 715	5 066	0,007	0,006	0,95	0,96

Note : S.O. = Sans objet

A1.2.2. Évaluation des tendances avec et sans l'ATCATF

Le Tableau A1–4 et le Tableau A1–5 montrent les catégories clés issues de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATFrespectivement. Ils montrent aussi la contribution des catégories clés à l'évaluation des tendances.

Dans l'évaluation du niveau présenté à la section A1.2.1, l'intégration du secteur de l'ATCATF ajoute de nouvelles catégories clés sans en modifier grandement les contributions. Cependant, l'intégration du secteur de l'ATCATF dans l'évaluation de la tendance modifie considérablement la tendance générale, ce qui entraîne une redistribution du classement des catégories clés. Une catégorie de l'ATCATF, Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, contribue à elle seule à 43 % de la tendance générale.

Il faut noter que, dans ce rapport, un changement a été fait à l'analyse de la tendance de la catégorie clé après qu'un exercice d'AQ/CQ ait montré des améliorations sur la façon dont les catégories sources n'ayant pas d'émissions pendant une année peuvent être traitées. Les équations du GIEC (2003) pour ces catégories (Équation A1–4 et Équation A1–6) peuvent maintenant être appliquées lorsqu'il le faut. L'évaluation de la tendance sans l'ATCATF définit 21 catégories clés (plus que 19 en 2010), alors que la même analyse avec l'ATCATF en génère 27 (plus que 25), dont 7 dans le secteur de l'ATCATF.

Tableau A1–4 Catégories clés selon l'évaluation de la tendance avec l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes GES	1990 (kt d'éq. CO_2)	2011 (kt d'éq. CO_2)	Évaluation de la tendance	Contribution à la tendance	Total cumulatif
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO_2	-91 373	65 720	0,166	0,432	0,43
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO_2	85 870	72 383	0,046	0,119	0,55
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles liquides	CO_2	66 308	49 855	0,040	0,105	0,66
2-B-3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N_2O	10 718	0,2	0,013	0,034	0,69
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO_2	12 955	5 091	0,012	0,030	0,72
5-B.1	ATCATF - Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO_2	-1 583	-13 240	0,009	0,023	0,74
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFC	6 539	1 442	0,007	0,018	0,76
2-F	Procédés industriels - Consommation d'halocarbures	HFC	0	7 527	0,006	0,016	0,78
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO_2	93 216	131 823	0,006	0,015	0,79
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH_4	2 954	11 238	0,006	0,015	0,81
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	16 111	17 983	0,005	0,013	0,82
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH_4	17 437	20 052	0,005	0,013	0,83
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	10 193	9 861	0,004	0,011	0,84
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CO_2	4 037	734	0,004	0,011	0,86
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N_2O	13 805	15 955	0,004	0,010	0,87
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO_2	7 047	5 946	0,004	0,010	0,88
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	6 652	5 441	0,004	0,010	0,89
2-C-4-2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF_6	2 870	0	0,004	0,009	0,89
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	N_2O	1 825	6 976	0,003	0,009	0,90
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO_2	8 852	9 321	0,003	0,008	0,91
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	7 632	15 236	0,003	0,008	0,92
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO_2	21 459	35 261	0,003	0,007	0,93
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO_2	6 159	6 012	0,003	0,007	0,93
2-A-1	Procédés industriels - Production du ciment	CO_2	5 436	5 741	0,002	0,005	0,94
1-B-1-a	Émissions fugitives - Extraction du charbon	CH_4	2 199	994	0,002	0,005	0,94
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N_2O	8 677	10 840	0,002	0,004	0,95
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH_4	6 002	7 321	0,001	0,003	0,95

Tableau A1–5 Catégories clés selon l'évaluation de la tendance sans l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes GES	1990 (kt d'éq. CO_2)	2011 (kt d'éq. CO_2)	Évaluation de la tendance	Contribution à la tendance	Total cumulatif
1-A*	Combustion de sources fixes-Combustibles gazeux	CO_2	122 376	183 720	0,046	0,194	0,19
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO_2	85 870	72 383	0,035	0,149	0,34
1-A*	Combustion de sources fixes-Combustibles liquides	CO_2	66 308	49 855	0,035	0,146	0,49
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO_2	93 216	131 823	0,025	0,107	0,60
2-B-3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N_2O	10 718	0,2	0,015	0,064	0,66
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO_2	21 459	35 261	0,012	0,049	0,71
2-F	Procédés industriels - Consommation d'halocarbures	HFC	0	7 527	0,009	0,038	0,75
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFC	6 539	1 442	0,008	0,032	0,78
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	7 632	15 236	0,007	0,031	0,81
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH_4	14 619	23 348	0,007	0,030	0,84
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH_4	14 053	20 304	0,004	0,018	0,86
2-C-4-2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF_6	2 870	0	0,004	0,017	0,88
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	6 652	5 441	0,003	0,012	0,89
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO_2	7 047	5 946	0,003	0,012	0,90
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	10 193	9 861	0,003	0,011	0,91
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO_2	2 715	5 066	0,002	0,009	0,92
1-B-1-a	Émissions fugitives - Extraction du charbon	CH_4	2 199	994	0,002	0,008	0,93
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO_2	6 159	6 012	0,002	0,007	0,94
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	N_2O	1 832	3 455	0,002	0,006	0,94
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO_2	5 459	7 698	0,001	0,006	0,95
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	16 111	17 983	0,001	0,006	0,95

Annexe 2

Méthodologies et données employées pour estimer les émissions attribuables à la combustion de combustibles fossiles

La présente annexe donne un aperçu de la méthodologie, des données sur les activités et des coefficients d'émission utilisé pour estimer les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4) et d'oxyde de diazote (N_2O) issues de l'utilisation de combustibles dans le secteur de l'énergie. Des précisions d'ordre méthodologique et une description des améliorations apportées à la méthode générale se trouvent par ailleurs à la section A2.4.1 pour les sources fixes et à la section A2.4.2 pour les transports.

A2.1. Méthodologie

En général, on utilise une méthode descendante conforme à l'approche sectorielle de niveau 2 et de niveau 3 des *Lignes directrices révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant de la combustion à partir des coefficients d'émission propres au pays et de la quantité de combustibles consommés au sein de la catégorie de sources. Comme l'illustre l'Équation A2–1, on multiplie la quantité de combustible déclarée à l'échelon national ou provincial pour chaque catégorie de sources par un coefficient d'émission donné. Il est question des améliorations et des variantes apportées à la méthode générale d'estimation des émissions de combustion dans les sections de l'annexe portant sur la combustion fixe et les transports (sections A2.4.1 et A2.4.2, respectivement). Ces améliorations visent à mieux évaluer et répartir les émissions associées à chaque catégorie de sources lorsqu'on dispose de précisions ou de paramètres supplémentaires. Par ailleurs, des questions méthodologiques particulières sont présentées dans le chapitre du rapport consacré à l'énergie (chapitre 3).

Équation A2–1: Équation générale de calcul des émissions de combustion :

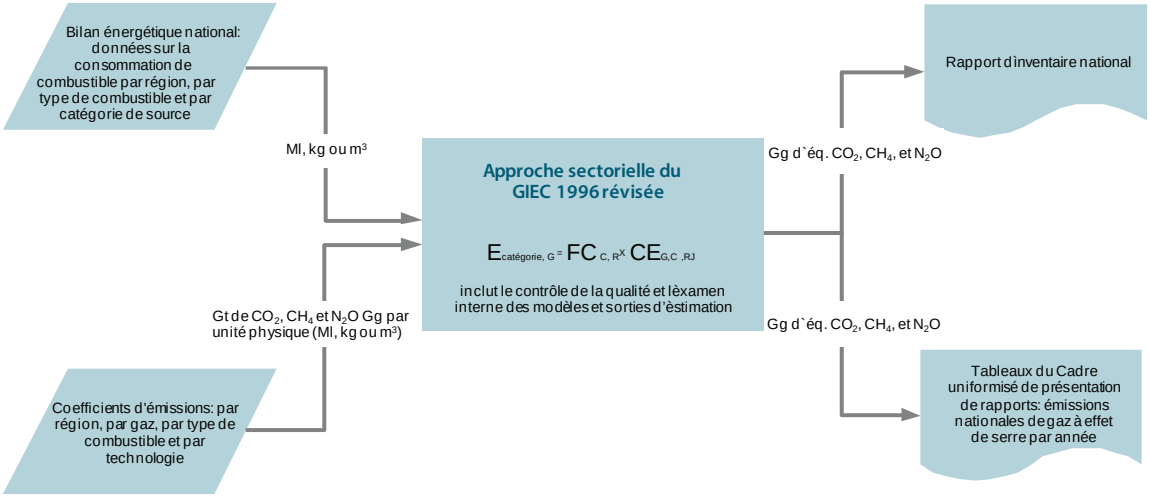
$$E_{\text{Catégorie},G} = CC_{F,R} \times CE_{G,F,R,T}$$

où :

$E_{\text{Catégorie},G}$	=	quantité d'émissions de gaz à effet de serre par catégorie de sources et par GES (CO_2, CH_4 ou N_2O)
$CC_{F,R}$	=	quantité de combustible consommé (en unités physiques comme le kilo, le litre ou le m3), par type de combustibles (c.-à-d. le gaz naturel, le charbon subbitumineux, le kérosène, etc.) et par région
$CE_{G,F,R,T}$	=	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)

On utilise surtout des bases relationnelles avec les modèles de calcul des sources fixes et des transports pour traiter les données sur les activités et les coefficients d'émission établis au degré de précision national et provincial afin d'estimer les émissions de GES (Figure A2–1). Le bilan énergétique national est calculé par Statistique Canada à l'aide de données exprimées en unités physiques fournies par les secteurs de la production et de la consommation. C'est pourquoi les unités physiques présentées par Statistique Canada sont considérées comme étant les plus précises pour produire les estimations des émissions. Les coefficients d'émission propres au pays utilisés 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, lorsqu'on disposait de coefficients d'émission plus précis à l'échelle régionale, on a utilisé ces données régionales de préférence aux valeurs nationales (p. ex. pour les coefficients d'émission de charbon et de gaz naturel, on peut ainsi tenir

Figure A2–1 Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES



compte de la teneur en carbone variable de ce combustible dans diverses régions). Les différences relatives aux technologies de combustion sont prises en compte par les coefficients d'émission des gaz autres que le CO_2.

A2.2. Données sur les activités – Statistique Canada

Le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC, Statistique Canada, nº 57-003) constitue la principale source de données sur les combustibles et l'énergie utilisée pour estimer les émissions issues de la combustion. Le BDEEC utilise une combinaison de méthodes descendantes et ascendantes pour évaluer l'offre et la demande en matière d'énergie au Canada. La production canadienne de combustibles est comparée à la consommation de combustibles en fonction de grandes catégories comme les importations-exportations, la consommation par le producteur, le secteur industriel, le secteur résidentiel, etc. Les données sur la consommation industrielle d'énergie sont ventilées selon les différentes branches d'activité correspondant aux codes du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN). Pour le moment, ces données n'incluent pas l'énergie utilisée par l'industrie pour produire de l'électricité ou de la vapeur (producteurs autonomes). Le BDEEC indique les données pour cette énergie sur deux lignes différentes (l'une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur). Toutefois, les données sont globales et ne sont pas réparties par secteur. Avant 2003, ces lignes sont proportionnellement attribuées aux secteurs appropriés d'après les quantités déclarées aux fins de l'*Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie* (CIE) (Statistique Canada, 2011). Après 2003, la ligne de l'électricité (des producteurs autonomes) est réattribuée directement au secteur voulu selon les quantités par secteur dans l'enquête sur la *Consommation de combustibles de centrales thermiques d'énergie électrique* (CCCTEE). Ce changement découle d'un autre changement, survenu dans la ligne Électricité – par l'industrie du BDEEC, qui, à partir de 2003, a été remplacée directement par des données de l'enquête CCCTEE. 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. Statistique Canada collabore étroitement avec des centres d'excellence et d'autres ministères fédéraux pour élaborer une approche qui règle les problèmes de cohérence de la série chronologique, et prévoit que l'ensemble de données sera prêt à temps pour être utilisé dans la prochaine déclaration (voir la section 3.2.1.5 sur les progrès réalisés). Cette nouvelle approche ne devrait pas avoir d'incidence sur le total national, à moins qu'il ne faille corriger des erreurs de données. La ligne Vapeur reste attribuée à l'aide de la méthode de fractionnement et des données de l'enquête CIE.

Bien que le BDEEC fournisse également des données sur la consommation de combustibles à l'échelle provinciale, ces données ne sont pas aussi précises qu'à l'échelle nationale. Statistique Canada recueille habituellement les données

du Bulletin au moyen d'un certain nombre d'enquêtes qui s'adressent aux fournisseurs d'énergie, aux ministères provinciaux responsables de l'énergie et à certains utilisateurs de l'énergie. La précision des données sur les utilisateurs sectoriels finaux est moindre que celle sur l'offre totale d'énergie. Par conséquent, les estimations totales d'émissions pour le Canada sont connues avec plus de certitude que celles provenant de catégories spécifiques. Depuis 1995, Statistique Canada recueille des données sur la consommation énergétique auprès d'utilisateurs finaux, au moyen de l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie. Cette approche ascendante d'estimation de la consommation industrielle fournit de l'information plus précise par secteur. On trouvera à la section A4.3 – Bilan énergétique national de l'annexe 4 des précisions sur l'élaboration de l'ensemble de données du BDEEC et de la CIE, notamment sur les activités de Statistique Canada en matière de contrôle et d'assurance de la qualité. Des enquêtes de secteurs en particulier, comme l'*Enquête annuelle sur la consommation de combustible des centrales thermiques d'énergie électrique* (CCCTEE), servent également à la vérification des tendances sectorielles et de l'attribution des émissions.

Les modèles de combustion et de transport utilisent la quantité de combustibles fossiles consommée en unités physiques plutôt qu'en unités énergétiques, étant donné que c'est sous cette forme que les installations déclarent leurs données à Statistique Canada conformément à la *Loi sur la statistique*. Les quantités d'énergie fossile consommées sont également présentées en unités de pouvoir calorique supérieur; on estime cependant que ces valeurs sont moins précises étant donné que Statistique Canada a utilisé, dans la plupart des cas, des facteurs de conversion énergétique constants propres à chaque type de combustible (de 1990 à 1997 et de 1998 à aujourd'hui). La seule exception est le combustible résiduaire, dont les données fournies par l'Association canadienne du ciment ne sont présentées qu'en unités énergétiques.

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 A2.4.1 et A2.4.2).

A2.3. Coefficients d'émission des modèles de combustion

On trouvera à l'annexe 8 une description des coefficients d'émission utilisés pour estimer les émissions au moyen des modèles actuels de combustion fossile. Les coefficients ci-dessous s'appliquent en général :

Combustibles de gaz naturel : les coefficients d'émission pour le CO_2 varient selon la source de gaz naturel et selon qu'il s'agit de gaz naturel marchand ou non marchand (gaz naturel brut pour consommation sur place par des producteurs de gaz naturel). Les coefficients d'émission sont donc attribués à différentes provinces selon la source et la qualité du gaz naturel. Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O varient selon la technologie de combustion.

Combustibles de produits pétroliers raffinés : Les coefficients d'émission varient selon le type de combustible et la technologie de combustion (pour le CH_4 et le N_2O).

Combustibles du charbon : Les coefficients d'émission pour le CO_2 varient selon les propriétés du charbon, de sorte qu'ils sont attribués à différentes provinces selon les origines (nationales ou étrangères) du charbon employé. Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O varient selon la technologie de combustion.

A2.3.1. Coefficients d'émission pour le CO_2

Les émissions de CO_2 attribuables à l'usage de combustibles dépendent de la quantité de combustible brûlée, de sa teneur en carbone ainsi que de la valeur par défaut de la fraction du combustible oxydée tirée du document du GIEC. Il est question de la base des calculs relative au coefficient d'émission de CO_2 à l'annexe 8 dans l'étude intitulée *Fossil Fuel and Derivative Factors* (McCann, 2000) ainsi que dans des publications d'inventaires antérieures. Les méthodes utilisées pour déterminer les propriétés des combustibles, telles que la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorique, sont fondées sur des normes d'essais industriels approuvées, telles que les normes de l'American Society for Testing and Material (ASTM) et celles de l'Office des normes générales du Canada (ONGC). On tient compte, dans une certaine mesure, à la fois des hydrocarbures et des particules formés pendant la combustion, mais les émissions de CO figurent dans les

estimations d'émissions de CO_2. On présume que le CO de l'atmosphère subit une oxydation complète pour se transformer en CO_2, peu après la combustion (c'est-à-dire de 5 à 20 semaines après le rejet).

Comme nous l'avons mentionné, les coefficients d'émission utilisés pour l'inventaire national des gaz à effet de serre du Canada se basent sur la quantité physique de combustible brûlé, plutôt que sur sa teneur énergétique, à l'exception du coefficient d'émission applicable aux combustibles résiduaires qui est fondé sur la teneur énergétique, parce que les données fournies par l'Association canadienne du ciment (ACC) sont exprimées en unités énergétiques. Les facteurs employés pour évaluer les émissions diffèrent selon le type de combustible utilisé et, dans le cas des émissions de N_2O et de CH_4, selon la technologie de combustion utilisée.

A2.3.2. Coefficients d'émission pour les GES autres que le CO_2

Les coefficients d'émission correspondant à tous les GES autres que le CO_2 et provenant d'activités de combustion varient plus ou moins selon :

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

Pendant la combustion des 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 sont élaborés d'après des fractionnements typiques de la technologie et les coefficients d'émission disponibles pour le secteur.

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 seront nécessaires 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. Ceux des gaz autres que le CO_2 présentés dans cet inventaire figurent à l'annexe 8.

A2.3.3. Biomasse

Conformément aux exigences de la Convention –cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), les émissions de CO_2 issues des biocombustibles (y compris les gaz d'enfouissement) ne sont pas incluses dans le total du secteur de l'énergie. Les émissions de CO_2 issues de la combustion de la biomasse sont plutôt comptabilisées dans le secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la 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 un tableau suivant le 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-secteurs appropriés, et inclus dans les totaux établis pour l'inventaire.

A2.4. Méthodologie pour la combustion fixe et le transport

A2.4.1. Combustion par les sources fixes

La méthodologie employée pour estimer les émissions de GES produites par les sources de combustion 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 révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996* (GIEC, 1997). La méthodologie et les émissions de SF_6 issues du transport de l'électricité produite (catégorie 1.A.1.a) sont prises en compte dans le secteur des procédés industriels.

Les émissions sont calculées à partir des données sur les activités déclarées à l'échelon national, sauf lorsqu'on dispose de coefficients d'émission à l'échelon des provinces ou territoires. À ce moment, les émissions provinciales-territoriales sont alors additionnées pour donner le total national.

On trouvera au Tableau A2–1 une ventilation par catégorie de sources des modalités d'application des données sur les activités et des coefficients d'émission. Il y est également question des hypothèses sur lesquelles se fondent

les méthodes de calcul des émissions pour les sous-secteurs suivants :

- Production d'électricité et de vapeur;
- Industries des combustibles fossiles
- Industries manufacturières et construction;
- Autres secteurs;
- Pipelines.

On trouvera des précisions sur des catégories de sources particulières dans les notes accompagnant le Tableau A2–1. La complexité du modèle de combustion fixe tient en grande partie à la difficulté de réaffecter les données présentées dans le BDEEC annuel de manière à respecter les exigences relatives aux catégories du GIEC et les tableaux de déclaration du CUPR de la CCNUCC. Les émissions sont estimées uniquement au moyen de l'Équation A2–1 conformément à la méthode de niveau 2 du GIEC.

Le Tableau A2–1 présente la méthodologie et les coefficients d'émission utilisés pour les différents types de combustibles énumérés au Tableau A2–2. La plupart des combustibles fossiles ont été regroupés selon leur source de production d'origine, à l'exception du propane et du butane qui sont encore déclarés dans la catégorie des gaz. Les données provenant du bureau national de la statistique ne tiennent pas compte de la distinction entre propane et butane provenant des industries gazières ou de raffineries. Étant donné qu'au Canada, la majeure partie du propane et du butane est produite à partir du flux de gaz naturel, toutes les déclarations relatives à ces deux combustibles entrent dans la catégorie des combustibles gazeux.

Tableau A2–1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.1.a.i Production d'électricité – secteur public	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 10 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par les services publics	Les émissions provinciales/territoriales de CO_2 du charbon sont calculées pour tous les territoires et provinces en utilisant des coefficients d'émission régionaux et additionnées en un total national. Les totaux des émissions attribuables à l'utilisation du coke de pétrole et du coke sont calculés à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 10 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par les services publics	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 10 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par les services publics	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.1.a.ii Production d'électricité – industrie	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie	Les données de la ligne 11 sont réparties entre 1.A.1.b, 1.A.1.c et 1.A.2 soit selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans la CIE (avant 1998), soit selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans le BDEEC (de 1998 à aujourd'hui), avant de calculer les émissions.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.1.a.ii Production d'électricité – industrie (continué)	*Combustibles liquides*	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie	Les données de la ligne 11 sont réparties entre 1.A.1.b, 1.A.1.c et 1.A.2 soit selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans la CIE (avant 1998), soit selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans le BDEEC (de 1998 à aujourd'hui), avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie	Les données de la ligne 11 sont réparties entre 1.A.1.b, 1.A.1.c et 1.A.2 soit selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans la CIE (avant 1998), soit selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans le BDEEC (de 1998 à aujourd'hui), avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.1.a.iii Production de chaleur et de vapeur	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les données de la ligne 14 sont réparties entre 1.A.1.b, 1.A.1.c et 1.A.2 selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans la CIE, avant de calculer les émissions.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. L'essence à moteur, le carburant diesel, l'essence d'aviation et le carburéacteur ne sont pas inclus dans ce sous secteur parce qu'aucune donnée n'apparaît au tableau. Les données de la ligne 14 sont réparties entre 1.A.1.b, 1.A.1.c et 1.A.2 selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans la CIE, avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les données de la ligne 14 sont réparties entre 1.A.1.b, 1.A.1.c et 1.A.2 selon les fractions établies à partir des données du secteur déclarées dans la CIE, avant de calculer les émissions.
	Biomasse	Utilisation des gaz d'enfouissement fournis par le secteur des déchets	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le secteur des déchets. Les émissions de CO_2 ne sont pas comprises dans les totaux nationaux, mais déclarées comme postes pour mémoire dans le tableau du CUPR.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.1.b. Raffinage du pétrole	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 25 – Raffinage du pétrole	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles liquides	TTableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Tableau 11 – Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC MOINS les émissions liées au torchage (inclus dans la catégorie 1B Émissions fugitives). Les données sur les activités déclarées dans le BDEEC incluent la quantité de combustible utilisée pour le torchage. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O issues du torchage sont considérées comme des émissions fugitives conformément aux lignes directrices du GIEC; ces émissions fugitives et les quantités de combustibles utilisées sont donc soustraites des estimations et de la valeur indiquée dans le BDEEC pour éviter une double comptabilisation des émissions. On n'a soustrait que les émissions libérées par suite du torchage établies par le modèle d'émissions fugitives du raffinage du pétrole. Toutes les autres émissions issues du torchage ont été retranchées de la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (1.A.1.c). Les émissions dans les categories Coke de pétrole – Raffineries et autres, et Gaz de distillation – Raffineries et autres sont calculées à partir du total national MOINS les quantités utilisées par les usines de valorisation du bitume naturel qui sont déclarées dans le BDEEC (qui est inclus en 1.A.1.c). Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 25 – Raffinage du pétrole	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.1.c. Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 16 – Consommation des producteurs Tableau 11 – Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 16 – Consommation des producteurs Tableau 11 – Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	Les émissions canadiennes totales de CO_2, CH_4 et N_2O sont basées sur le total national déclaré dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 16 – Consommation des producteurs	Les données sur les activités relatives au gaz naturel qui sont déclarées dans le BDEEC incluent la quantité brûlée par torchage. Les émissions issues du torchage sont une source fugitive; les émissions fugitives et la quantité de combustibles associée au torchage sont donc soustraites, respectivement, des émissions de combustion estimées et des données sur les activités déclarées dans le BDEEC afin d'éviter leur double comptabilisation. Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.a. Sidérurgie	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 22 – Sidérurgie	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation du coke sont comptabilisées dans la catégorie Procédés industriels. Les émissions de CH_4 et de N_2O sont déclarées dans cette catégorie. Le CO_2 est considéré comme un produit issu d'un procédé (réduction du fer), tandis que le CH_4 et le N_2O sont des sous-produits de la combustion. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.2.a. Sidérurgie (continué)	*Combustibles liquides*	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 22 – Sidérurgie	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c. à d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 22 – Sidérurgie	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.b. Métaux non ferreux	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 23 – Fonte et affinage – non ferreux	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles liquides	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 23 – Fonte et affinage – non ferreux	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O issues des carburants (c. à d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 23 – Fonte et affinage – non ferreux	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationau

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.2.b. Métaux non ferreux (continué)	*Combustibles gazeux* (continué)		déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.c. Produits chimiques	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 26 – Produits chimiques	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 26 – Produits chimiques	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 26 – Produits chimiques	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.d. Pâtes, papiers et imprimerie	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 21 – Pâtes et papiers	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.2.d. Pâtes, papiers et imprimerie (continué)	*Combustibles liquides*	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 21 – Pâtes et papiers	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 21 – Pâtes et papiers	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	Tableau 10 – Déchets de bois et lessive de pâte épuisée, consommation totale	La biomasse totale correspond à la quantité de combustibles ligneux et de déchets solides de bois consommée. Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2 provenant de la biomasse ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais les émissions de CH_4 et de N_2O le sont. Les émissions de CO_2 provenant de la biomasse sont déclarées séparément comme postes pour mémoire.
1.A.2.e. Transformation des aliments, boissons et tabac	*Combustibles solides*	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
	Combustibles liquides	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
	Combustibles gazeux	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
	Biomasse	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
1.A.2.f.i. Ciment	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 24 – Ciment Données sur le combustible résiduaire fournies par l'Association canadienne du ciment (ACC) et déclarées par le Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC).	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke et au combustible résiduaire, qui sont calculées à partir du total national. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.2.f.i. Ciment (continué)	*Combustibles liquides*	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 24 – Ciment	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 24 – Ciment	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomass	s.o.	s.o.
1.A.2.f.ii. Exploitation minière	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 20 – Total de l'extraction minière, pétrolière et gazière	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces calculées à l'aide de coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC où l'industrie minière inclut le combustible utilisé pour l'exploitation minière et l'extraction de pétrole et de gaz, ainsi que pour la valorisation du bitume brut. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 20 – Total de l'extraction minière, pétrolière et gazière	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c. à d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 20 – Total de l'extraction minière, pétrolière et gazière	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.2.f.ii. Exploitation minière (continué)	*Combustibles gazeux* (continué)		Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.f.iii. Construction	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 30 – Construction	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions attribuables à l'utilisation du coke, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 30 – Construction	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 30 – Construction	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 27 – Autres industries manufacturières	Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH_4 et le N_2O à partir de la consommation d'essence est appliqué sur une base annuelle. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 27 – Autres industries manufacturières	Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH_4 et le N_2O à partir de la consommation d'essence est appliqué sur une base annuelle. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 27 – Autres industries manufacturières	Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH_4 et le N_2O à partir de la consommation d'essence est appliqué sur une base annuelle. Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH_4 et le N_2O est appliqué sur une base annuelle. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières (continué)	*Biomasse*	s.o.	s.o.
1.A.3.e. Pipelines (transport)	*Combustibles solides* Aucune occurrence (AO)	AO	AO
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 39 – Pipelines	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 39 – Pipelines	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.a.i Commercial et institutionnel	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 46 – Commercial et institutionnel	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 46 – Commercial et institutionnel	Les émissions totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 46 – Commercial et institutionnel	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.a.ii Administration publique	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 45 – Administration publique	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.4.a.ii Administration publique (continué)	*Combustibles liquides*	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 45 – Administration publique	Les émissions totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 45 – Administration publique	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.b Résidentiel	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 44 – Résidentiel	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 44 – Résidentiel	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 44 – Résidentiel	Les émissions canadiennes totales de CO_2 attribuables au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	Estimation de la consommation de bois de chauffage par le modèle de combustible ligneux résidentiel.	La biomasse totale correspond à la quantité de bois de chauffage résidentiel consommée, qui est calculée à partir des données recueillies par Environnement Canada. Les émissions de CO_2 ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais les émissions de CH_4 et de N_2O le sont. Les émissions de CO_2 résultant de l'utilisation de biomasse sont déclarées comme postes pour mémoire.
1.A.4.c.i. Foresterie	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Tableau F – Détails du charbon Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 29 – Foresterie	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.

Tableau A2-1 Méthode d'estimation des émissions de GES attribuables à la combustion fixe (continué)

Catégorie de sources du CUPR[1]	Liste de combustibles (Tableau A2–2)	Source des données sur les activités[2]	Notes
1.A.4.c.i. Foresterie	*Combustibles liquides*	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 29 – Foresterie	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 – Transformé en d'autres combustibles : électricité – par l'industrie Ligne 14 – Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur Ligne 29 – Foresterie	Les émissions canadiennes totales de CO_2 au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Une partie des lignes 11 et 14 a été attribuée à la présente catégorie de source avant de calculer les émissions.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.c.ii. Agriculture	*Combustibles solides*	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau F – Détails du charbon Ligne 43 – Agriculture	Les émissions canadiennes totales de CO_2 correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés Ligne 43 – Agriculture	Les émissions canadiennes totales de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux	Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire Tableau 6 – Détails des liquides de gaz naturel Ligne 43 – Agriculture	Les émissions canadiennes totales de CO_2 au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO_2 issues d'autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH_4 et de N_2O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.5. Autre information (non incluse ailleurs)	s.o.	s.o.	Les émissions attribuables à toutes les autres sources industrielles sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.

Notes :
1. Les catégories du CUPR indiquées sont les sous-secteurs les plus petits du CUPR dont on estime les émissions.
2. La rubrique Données sur les activités renvoie à la section précise où sont présentées les données dans le Bulletin annuel sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada (BDEEC) (Statistique Canada, numéro 57¬003 au catalogue). Voir aussi le Tableau A2–3 pour les sources de données autres que le BDEEC.
3. s.o. = sans objet
4. AO = Aucune occurrence

Tableau A2–2 Catégories générales de combustibles utilisées dans le calcul des émissions de combustion des sources fixes

Types de combustibles	Combustibles
Combustibles liquides	Essence à moteur
	Kérosène et pétrole de chauffage
	Carburant diesel – raffineries et autres
	Carburant diesel – usines de valorisation
	Éthane
	Mazout léger
	Mazout lourd
	Essence d'aviation
	Carburéacteur
	Gaz de pétrole liquéfiés (GPL) de raffineries
	Gaz de distillation – raffineries et autres
	Gaz de distillation – usines de valorisation
	Coke de pétrole – raffineries et autres
	Coke de pétrole – raffineries et autres
Combustibles solides	Coke (charbon)
	Gaz de fours à coke
	Charbon bitumineux canadien
	Charbon subbitumineux (étranger et intérieur)
	Lignite
	Anthracite
	Charbon bitumineux étranger
	Combustible résiduaire
Combustibles gazeux	Gaz naturel
	Propane
	Butane
Biomasse	Déchets de bois
	Liqueur noire
	Bois de chauffage résidentiel
	Gaz d'enfouissement

Tableau A2–3 Références des données d'activités utilisées par le modèle

Statistique Canada – Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie, Bulletin sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada (BDEEC), no 57-003-XPB.
Tableau 1 – Énergie primaire et secondaire
Tableau 3 – Produits pétroliers raffinés
Tableau 5 – Produits pétroliers raffinés non énergétiques
Tableau 6 – Détails des liques de gaz naturel
Tableau 10 – Déchets de bois et liqueur résiduaire
Tableau 11 – Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut
Tableau F – Détails du charbon (tels qu'identifiés dans les publications du BDEEC, 1990 à 2001)
Données pour le combustible résiduaire – D'après le CIEEDAC. (2012). *A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry 1990 to 2007*. Rapport préparé par Nyboer et Jaccard pour l'Association canadienne du ciment. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation final d'énergie dans l'industrie. Et d'après les données recueillies par l'Association canadienne du ciment dans le cadre du World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2005). Protocole d'inventaire des émissions de CO_2 dans le cadre de la Cement Sustainability Initiative, v. 2.0.
Consommation de bois de chauffage résidentiel – D'après : *1995 Criteria Contaminants Emissions Inventory Guidebook*, version 1, section 2.4, Groupe de travail sur les inventaires nationaux des émissions polluantes, Environnement Canada, Division des principaux contaminants atmosphériques, mars 1999.
Utilisation du gaz d'enfouissement – Voir l'annexe 3, Méthodologies supplémentaires.

On trouvera à titre de référence au Tableau A2–3 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 Environnement Canada sous forme électronique et peuvent différer légèrement de celles publiées par Statistique Canada, dont les valeurs sont arrondies.

A2.4.1.1. Production d'électricité et de chaleur (catégorie 1.A.1.a du CUPR)

Le secteur de la production d'électricité et de chaleur inclut les sous-secteurs suivants : 1.A.1.a.i - Production d'électricité, 1.A.1.a.ii - Production combinée d'électricité et de chaleur (cogénération), et 1.A.1.iii - Installations thermiques. Ce secteur devrait inclure toutes les émissions des grands producteurs (auparavant désignés sous le nom de services publics) d'électricité, de chaleur et d'électricité combinées et les installations thermiques. À l'heure actuelle, les émissions des producteurs autonomes sont attribuées à leur secteur industriel respectif et les émissions issues de la combustion des gaz d'enfouissement sont incluses dans la sous-catégorie 1.A.1.a.iii - Installations thermiques.

Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O sont estimées en appliquant l'Équation A2–1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission propres à chaque type de combustibles sur une base nationale. Les coefficients d'émission du charbon et du gaz naturel pour ces secteurs ont été formulés sur une base régionale. 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-territoriales de cette nature. Pour les autres types de combustibles, les coefficients d'émission sont appliqués aux données déclarées à l'échelle nationale.

A2.4.1.2. Industrie des combustibles fossiles (catégories 1.A.1.b et 1.a.1.c du CUPR)

L'industrie des combustibles fossiles inclut les sous-catégories suivantes : 1.A.1.b Raffinage du pétrole et 1.a.1.c Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques. Les émissions totales de l'industrie des combustibles fossiles présentent un degré supérieur de précision en raison de la résolution des données sur les activités. Pour respecter les exigences de déclaration par catégorie du CUPR, les données sur les activités de l'ensemble de l'industrie ont été réparties en deux catégories distinctes. Ces catégories incluent les émissions de combustion issues 1) du raffinage du pétrole brut et 2) de la production de charbon, de gaz naturel et de pétrole brut ainsi que de la valorisation du bitume des sables bitumineux.

Pour calculer les émissions imputables à ces secteurs, on applique l'Équation A2–1 à l'échelle nationale et l'on soustrait la quantité d'émissions associées au torchage du total des émissions de GES obtenu pour chacune des catégories. Les données sur l'utilisation des combustibles présentées dans le BDEEC 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. Les données sur la consommation de combustibles, la teneur énergétique et les émissions associées au torchage sont soustraites afin d'éviter la double comptabilisation des émissions.

Pour déterminer les données sur les activités associées au sous-secteur du raffinage du pétrole, il faut affecter ailleurs certaines des données déclarées dans le BDEEC. Tous les produits pétroliers raffinés que les producteurs ont déclaré avoir consommé eux-mêmes (consommation par les producteurs) sont attribués au sous-secteur du raffinage du pétrole en tenant pour acquis qu'ils ont été consommés par les producteurs. 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 A2–1

- Coke de pétrole;
- Gaz de distillation;
- Kérosène;
- Mazout léger;
- Mazout lourd.

De plus, les données d'activités, en termes de combustible utilisé par l'industrie (y compris le secteur du raffinage du pétrole) pour produire de l'électricité ou de la vapeur, sont actuellement agrégées à deux lignes du sommaire dans le BDEEC (ligne 11 – Électricité – par l'industrie, et ligne 14 – Production de vapeur). Une partie des données de chacune de ces lignes doit être réattribuée à l'industrie dans laquelle le combustible est utilisé. À cette fin, on utilise une des deux méthodes suivantes.

Étant donné que les données saisies à la ligne Électricité – par l'industrie (ligne 11 du BDEEC) sont celles de l'enquête sur la Consommation de combustibles de centrales thermiques d'énergie électrique (CCCTEE) :

- De 1998 à aujourd'hui : la réattribution utilisait les fractions établies selon les quantités déclarées par le secteur du raffinage du pétrole dans l'enquête sur la CCCTEE. Les données sur la consommation de combustible, par combustible et par province, 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 BDEEC pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie en particulier. Cette partie est ajoutée aux données d'activités déjà déclarées par l'industrie.
- De 1990 à 1997 : la réattribution utilisait les fractions établies selon les quantités déclarées par le secteur du raffinage du pétrole 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, 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 BDEEC pour déterminer quelle partie des données de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie en particulière. Cette partie est ajoutée aux données d'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 chaleur et de vapeur sont celles de la CIE :

- De 1990 à maintenant : La technique utilisée pour réattribuer les valeurs de la ligne 11 du BDEEC entre 1990 et 1997 est aussi appliquée à celles de la ligne 14 en utilisant les données de la CIE représentant la production de vapeur.

Pour estimer les émissions du secteur de raffinage du pétrole issues des carburants énumérés ci-dessous, on utilise dans l'Équation A2–1 les données sur les activités déclarées sous la rubrique consommation par les producteurs, et les émissions sont incluses dans le secteur de raffinage du pétrole. En raison du manque de résolution du BDEEC, les émissions attribuables aux combustibles ci-dessous ne sont pas incluses dans le secteur de la fabrication des combustibles solides et des autres industries énergétiques, mais plutôt dans celui du raffinage du pétrole :

- essence;
- carburant diesel.

On utilise les coefficients d'émission par défaut du GIEC, qui sont basés sur le pouvoir calorique du combustible, pour calculer les émissions de N_2O issues du coke de pétrole et de l'essence à moteur. Le pouvoir calorique supérieur (PCS) du coke de pétrole, indiqué dans le BDEEC, peut changer selon l'année. Ainsi, le coefficient d'émission du coke de pétrole issu des sables bitumineux ou du bitume naturel (production et raffinage) change sur une base annuelle. C'est le Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC, 2012) qui établit et publie les données à partir desquelles sont formulés les coefficients de conversion entre le PCS et le pouvoir calorique inférieur (PCI), un élément essentiel pour établir les coefficients d'émission annuels.

Pour calculer les émissions de GES du secteur de la fabrication de combustibles solides et des autres industries énergétiques, on a utilisé les données déclarées dans le BDEEC pour les combustibles suivants dans l'Équation A2–1 :

- gaz naturel;
- charbon;
- propane;
- butane.

Dans le BDEEC, les combustibles suivants de la production des sables bitumineux et du bitume naturel de l'industrie sont déclarés sous la rubrique Consommation par les producteurs. Les quantités voulues de coke de pétrole, de gaz de distillation et de carburant diesel sont retranchées du secteur du raffinage du pétrole et incluses dans celui de la fabrication des combustibles solides et autres industries énergétiques. La consommation de ces deux carburants est déclarée dans un tableau distinct dans le BDEEC et attribuée à des installations d'extraction/valorisation :

- coke de pétrole;
- gaz de distillation;
- carburant diesel.

Comme nous l'avons mentionné dans la section A2.4.1.1, les émissions imputables à l'utilisation du charbon sont estimées à l'échelon des provinces et territoires avant d'être regroupées pour l'ensemble du pays.

Afin d'éviter la double comptabilisation, les émissions dues au torchage du gaz naturel sont soustraites du total pour ce sous-secteur et déclarées dans les tableaux pertinents

des émissions fugitives (1.B.2). Les émissions issues du torchage du modèle des émissions fugitives du raffinage du pétrole sont soustraites de la catégorie Raffinage du pétrole (1.A.1.b) tandis que toutes les autres émissions sont soustraites des émissions de la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (1.A.1.c).

A2.4.1.3. Industries manufacturières et construction (catégorie 1.A.2 du CUPR)

Le secteur des industries manufacturières et de la construction inclut plusieurs sous-secteurs industriels. Les données sur les activités indiquées dans le BDEEC 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 BDEEC (l'une pour l'électricité et l'autre pour la vapeur). Il s'agit cependant de lignes du sommaire et les données ne sont par réparties par sous-secteurs industriels. Pour réattribuer la quantité de combustible déclarée aux lignes du sommaire du BDEEC pour la production d'électricité et de vapeur (lignes 11 et 14), on a utilisé une des deux méthodes suivantes.

Étant donné que les données saisies à la ligne Électricité – par l'industrie (ligne 11 du BDEEC) sont celles de l'enquête sur la Consommation de combustibles de centrales thermiques d'énergie électrique (CCCTEE) :

- De 1998 à aujourd'hui : on a utilisé une méthode d'attribution proportionnelle élaborée à partir des quantités déclarées par sous-secteur dans l'enquête sur la CCCTEE. Pour chaque combustible et chaque province, les données sur l'utilisation des combustibles déclarées par l'industrie dans cette enquête pour la production d'électricité servent à établir la fraction d'utilisation totale de combustible de chaque secteur. Ces fractions sont ensuite combinées aux données indiquées à la ligne 11 du BDEEC pour déterminer quelle partie de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie particulière.
- De 1990 à 1997 : on a utilisé une méthode d'attribution proportionnelle élaborée à partir des quantités déclarées par sous-secteur dans l'enquête de la CIE puisqu'il n'y a pas de données de l'enquête sur la CCCTEE avant 1998. Pour chaque combustible et chaque province, les données sur l'utilisation des combustibles déclarées par l'industrie dans la CIE pour la production d'électricité servent à établir la fraction d'utilisation totale de combustible de chaque secteur. Ces fractions sont ensuite combinées aux données indiquées à la ligne 11 du BDEEC pour déterminer quelle partie de cette ligne devrait être réattribuée à une industrie particulière. Comme il n'existait on ne disposait aucune donnée de la CIE avant 1995, on a utilisé les fractions de 1995 pour la période de 1990 à 1995.

Pour l'attribution de la ligne sur la production de chaleur et de vapeur :

Étant donné que les données saisies à la ligne 14 sont celles de la CIE :

- De 1990 à aujourd'hui : la technique utilisée pour réattribuer les valeurs de la ligne 11 du BDEEC entre 1990 et 1997 est aussi appliquée à celles de la ligne 14 en utilisant les données de la CIE représentant la production de vapeur.

Les émissions sont calculées pour les catégories suivantes :

- Exploitation minière;
- Sidérurgie;
- Métaux non ferreux;
- Produits chimiques;
- Pâtes, papiers et imprimerie;
- Ciment;
- Construction;
- Autres industries manufacturières (qui inclut Transformation des aliments, boissons et tabac).

Les émissions de GES des industries manufacturières et de la construction sont calculées en appliquant l'Équation A2–1 aux données sur les activités qui sont déclarées dans le BDEEC et aux coefficients d'émission des combustibles particuliers utilisés sur une base nationale. Les émissions attribuables au charbon sont traitées conformément aux indications de la section A2.4.1.4. Les émissions issues des combustibles utilisés comme matières premières sont déclarées dans le secteur des procédés industriels, alors que celles générées par l'utilisation de carburant de transport (p. ex. diesel et essence) le sont dans le sous-secteur des transports.

Les émissions de CO_2 attribuables 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. Les émissions de CH_4 et de N_2O ont cependant été incluses, car elles constituent des sous-produits de la combustion.

Les émissions de CO_2 issues de la combustion de biomasse dans le secteur des pâtes, des papiers et de l'imprimerie sont déclarées, mais pas incluses dans les totaux nationaux; les émissions de CH_4 et de N_2O le sont cependant. La consommation industrielle de biomasse et des liqueurs résiduaires est déclarée dans le BDEEC, mais certaines données sont limitées. Les données du BDEEC pour 1990 et 1991 ont été combinées pour les provinces de l'Atlantique, de même que pour les provinces des Prairies. Des données sur chacune des provinces ont été délimitées à l'aide d'une méthode de comparaison des données avec celles du BDEEC de 1992, année pour laquelle les données de Terre-Neuve-et-Labrador et de la Nouvelle-Écosse ont également été combinées, car on ne disposait d'aucune donnée comparable qui justifiait de séparer ces provinces. Les émissions sont incluses dans celles de la Nouvelle-Écosse. En 2010, Environnement Canada a examiné les données disponibles sur la teneur en humidité des déchets ligneux et a conclu que, pour les besoins du RIN, les données d'activités sur les déchets solides de bois seraient déclarées à l'état humide et que la teneur moyenne en eau est de 50 %.

Les émissions de CO_2 attribuables à la combustion de combustible résiduaire dans l'industrie du ciment sont calculées à partir des données fournies par l'ACC et déclarées par le CIEEDAC en unités énergétiques. Selon l'examen des données de l'industrie, on a présumé que les pneus constituaient l'ensemble du combustible résiduaire. Bien que l'on utilise d'autres combustibles résiduaires (huile usée, solvants), leur contribution au total est minime, et il n'est pas possible actuellement d'établir une distinction par source.

A2.4.1.4. Autres secteurs (catégorie 1.A.4 du CUPR)

Ce sous-secteur comprend trois catégories : commercial et institutionnel, résidentiel agriculture, foresterie et pêches. On calcule les émissions de GES imputables à ce sous-secteur (à l'exception des émissions de la combustion de bois de chauffage résidentiel) en appliquant l'Équation A2–1 aux données sur les activités déclarées dans le BDEEC et aux coefficients d'émission des combustibles particuliers établis à l'échelle nationale.

Les données d'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. Les données sur l'utilisation des combustibles sont fondées quant à elles sur l'inventaire des principaux contaminants atmosphériques (PCA) (Environnement Canada, 1999). Les données sur l'utilisation de bois de chauffage résidentiel de Statistique Canada et de RNCan n'ont pas été utilisées, parce qu'il nous a semblé qu'elles sous-estimaient considérablement la consommation de bois de chauffage (étant donné qu'une partie importante du bois de chauffage brûlé au Canada ne provient pas de sources commerciales).

Les données sur l'utilisation du bois de chauffage ont été obtenues dans le cadre d'une enquête menée sur l'utilisation du bois de chauffage résidentiel pour l'année 1995 (Canadian Facts, 1997). Ces données ont été recueillies par province et regroupées selon cinq grandes catégories d'appareils :

1. Poêles à bois classiques
   - Non hermétiques
   - Hermétiques, dotés d'une technologie peu évoluée
   - Générateurs de chauffage en maçonnerie
2. Poêles et foyers dotés d'une technologie évoluée ou d'un système catalytique
   - Foyers dotés d'une technologie évoluée
   - Poêles dotés d'une technologie évoluée
   - Foyers avec système catalytique
   - Poêles avec système catalytique
3. Foyers classiques
   - Sans portes vitrées
   - Avec portes vitrées non hermétiques
   - Avec portes vitrées hermétiques
4. Appareils de chauffage
   - Foyer au bois
5. Autres appareils
   - Autres appareil de chauffage au bois

Les données sur la consommation de bois de chauffage pour les autres années ont été extrapolées selon le nombre de maisons dans chaque province qui ont utilisé une source de chauffage principale ou d'appoint au bois (Statistique Canada 1995) en 1995. Les émissions de GES ont été calculées en multipliant la quantité de bois brûlé dans chaque appareil par un coefficient d'émission approprié.

Les émissions de CO_2 provenant de la combustion de biomasse dans la catégorie Résidentiel sont déclarées, mais

pas incluses dans le total national; celles de CH_4 et de N_2O le sont cependant.

Le secteur agriculture/foresterie/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 partir des données sur l'utilisation de combustibles par l'agriculture et la foresterie déclarées dans le BDEEC. Les émissions issues des pêches sont déclarées soit dans la catégorie des transports soit dans la catégorie des 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 incluses dans la sous-catégorie du transport hors route ou du transport maritime de la catégorie des transports.

A2.4.2. Transport (catégorie 1.A.3 du CUPR)

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) issues du sous-secteur des transports sont calculées pour les cinq catégories suivantes :

- aviation civile (interne);
- transport routier;
- transport ferroviaire;
- transport maritime (interne);
- autres moyens de transport (hors route et pipelines).

Les estimations sont établies à l'échelon des provinces et territoires, puis elles sont regroupées à l'échelon national.

Les émissions issues de la combustion de carburant par le secteur des transports sont calculées au moyen de diverses variantes de l'Équation A2–1.

Les émissions de CO_2 dépendent surtout du type et des caractéristiques du carburant utilisé, alors que celles de N_2O et de CH_4 sont imputables au type de carburant et aux technologies antipollution utilisés. On trouvera à l'annexe 8 la liste complète des coefficients d'émission liés aux transports accompagnés de leurs références.

En raison de la complexité du secteur des transports, le modèle des émissions des gaz à effet de serre de sources mobiles (MEMGES) et le modèle des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation (MEGESA) ont été utilisés pour calculer les émissions des transports routier, ferroviaire, maritime, aérien et hors route. Les émissions de combustion provenant du transport par pipeline sont estimées séparément.

A2.4.2.1. Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)

Les émissions de GES attribuables au transport routier sont calculées au moyen d'une méthode de niveau 3 détaillée du GIEC.

Étape 1 – Données sur les activités : parcs de véhicules, pénétration de la technologie, durée de vie utile des catalyseurs, taux pondéré de consommation de carburant et véhicules-kilomètres parcourus

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.

Deux bases de données distinctes servent à dresser le profil détaillé du parc automobile. Les données sur les parcs de véhicules et de camions légers pour la période 1990-2002 proviennent du Recensement des véhicules en service au Canada (CVIOC), qui est effectué par la firme DesRosiers Automotive Consultants Inc. Celles pour la période 2003-2011 proviennent de l'Enquête sur les véhicules au Canada (EVC) de Statistique Canada. Les données sur les parcs de véhicules lourds ont été obtenues de la firme R.L. Polk & Co. pour la période 1994-2002. Celles pour la période de 2003-2011 proviennent de l'EVC de Statistique Canada et celles pour la période 1990-1993 ont été estimées à partir des tendances antérieures observées. 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.

Pour la déclaration de 2012, les données sur les parcs de motocyclettes pour 2011 ont été extrapolées à partir des données provenant du Conseil de l'industrie de la motocyclette et du cyclomoteur (CIMC, 2010).

Figure A2–2 Technology Penetration for Light-duty Gasoline Vehicles and Trucks

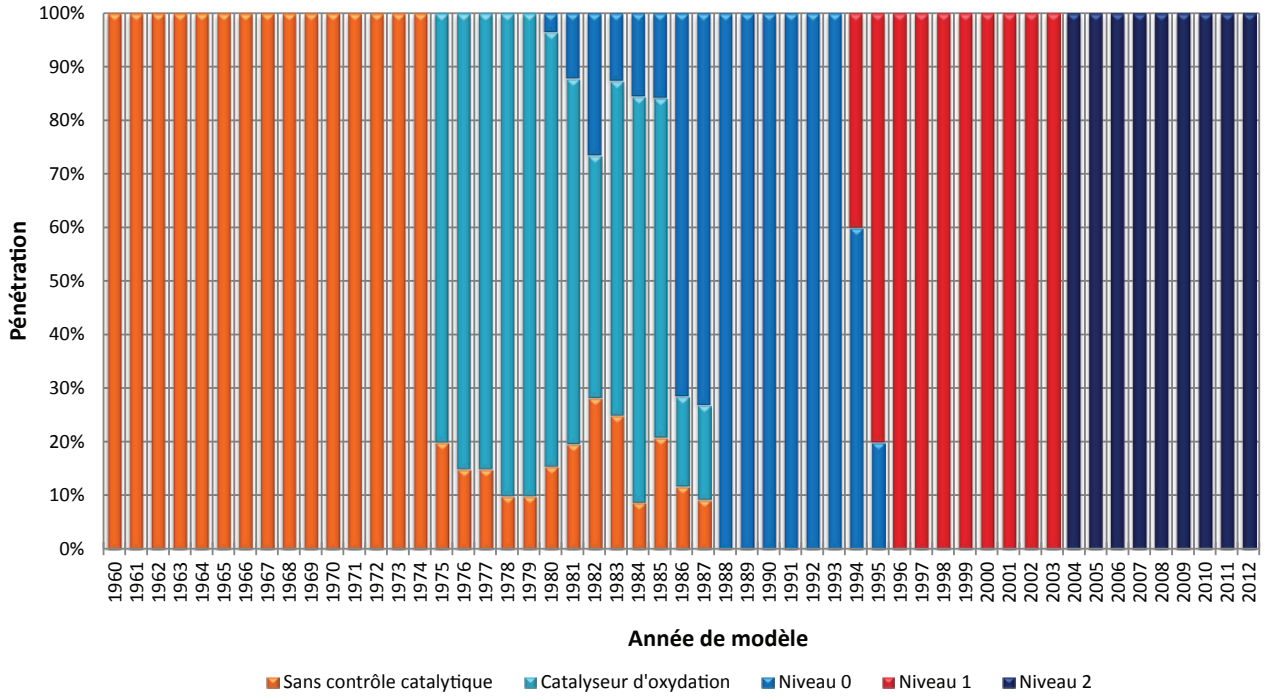


Tableau A2–4 Pénétration de la technologie antipollution -- véhicules lourds à essence, véhicules lourds à moteur diesel, véhicules et camions légers à moteur diesel et motos

Technologie antipollution	Années modèles
Véhicules lourds à essence	
Sans dispositif	1960–1984
Dispositif non catalytique	1985–1995
Catalyseur à trois voies	1996–2012
Véhicules lourds à moteur diesel	
Sans dispositif	1960–1982
Réduction modérée	1983–1995
Dispositifs perfectionnés	1996–2012
Véhicules/camions légers à moteur diesel	
Sans dispositif	1960–1982
Réduction modérée	1983–1995
Dispositifs perfectionnés	1996–2003
Niveau 2	2004–2012
Motos	
Sans dispositif	1960–1995
Dispositif non catalytique	1996–2012

Pénétration de la technologie

Pour tenir compte des effets que les technologies antipollution ont sur les émissions de CH_4 et de N_2O, on a estimé le nombre de véhicules en service équipés de convertisseurs catalytiques et d'autres dispositifs antipollution. La Figure A2–2 illustre les divers pourcentages de pénétration des technologies novatrices dans les nouveaux véhicules et camions légers à essence au cours des années modèles successives. La pénétration relative de la technologie antipollution dans les véhicules lourds à essence, les véhicules lourds à moteur diesel, les véhicules légers à moteur diesel, les camions légers à moteur diesel et les motos est présentée en détail au Tableau A2–4 (APE É--U, 2011).

Durée de vie utile des convertisseurs

Avec le temps, les convertisseurs catalytiques s'usent, ce qui se répercute sur les émissions d'échappement. On a appliqué le taux de détérioration établi à partir de l'information provenant des spécialistes de l'industrie, au type de convertisseurs présents dans les véhicules et camions légers à essence munis de cette technologie. Pour modéliser l'effet de la détérioration, le pourcentage de véhicules dont les convertisseurs sont détériorés est attribué au groupe sans catalyseur. Pour les provinces dotées de programmes d'inspection et de maintenance (I/M), à savoir l'Ontario et la Colombie-Britannique, la durée de vie utile des convertisseurs n'est pas appliquée aux technologies de niveau 0, de niveau 1 ni de niveau 2, étant donné que ces dispositifs antipollution font l'objet d'une inspection et sont réparés ou remplacés s'il y a lieu.

Taux pondéré de consommation de carburant (TPCC)

On dispose des TPCC provinciaux moyens par classe de véhicules et année modèle (d'après les ventes provinciales de véhicules) pour les véhicules légers à essence, les camions légers à essence, les véhicules légers au diesel et les camions légers au diesel (RNCan, 2010). Les TPCC des véhicules lourds à essence sont établis en fonction d'une moyenne calculée par classe de véhicules et année modèle (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les TPCC des véhicules lourds à moteur diesel et des motos sont établis à partir de la moyenne annuelle du parc (RNCan, 2010). Tous les TPCC propres à une classe représentant la contribution de l'année modèle 2011 au parc canadien ont été extrapolés d'après la série chronologique existante.

Les TPCC théoriques sont mesurés au moyen d'essais normalisés effectués en laboratoire. Toutefois, les recherches révèlent que la consommation réelle est systématiquement supérieure aux données des essais en laboratoire. À la suite d'études réalisées aux États-Unis, les taux de consommation de carburant des véhicules routiers du MEMGES ont été majorés de 25 % par rapport aux taux établis en laboratoire (Maples, 1993).

Taux d'accumulation de kilométrage

Les taux d'accumulation de kilométrage (TAK) sont une mesure du kilométrage annuel moyen par classe et par âge de véhicule. On estime les TAK des véhicules et des camions légers à partir des résultats d'un rapport portant sur l'écart des lectures d'odomètres de ce type de véhicules prises au moment des essais d'inspection et d'entretien successifs effectués en Ontario et en Colombie-Britannique (Stewart Brown Associates, 2010). Comme toutes les provinces ne disposent pas de 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.

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

On estime la consommation d'essence et de carburant diesel des véhicules routiers au moyen de l'Équation A2–2.

Équation A2–2:

$$\textbf{Consommation de carburant} = \textbf{Parc} \times \textbf{TAK} \times \textbf{TPCC}$$

Dans l'ensemble, ces paramètres diffèrent selon la province, la classe de véhicule, l'année modèle et l'année de l'inventaire. Les véhicules routiers sont regroupés en sept grandes classes de véhicules, identiques à celles utilisées par l'APE des États-Unis pour son modèle de calcul des coefficients d'émission MOBILE. Ces désignations sont :

- Véhicules légers à essence;
- Camions légers à essence;
- Véhicules lourds à essence;
- Motos;
- Véhicules légers à moteur diesel;
- Camions légers à moteur diesel;
- Véhicules lourds à moteur diesel.

On présume que tout le carburant sous forme de gaz naturel et de propane est consommé par des véhicules légers. On ne dispose pas de données ventilées par classe

de véhicules pour les véhicules mus par ce type de carburant. La consommation de gaz naturel et de propane des véhicules est calculée à partir d'une méthode de niveau 1 du GIEC.

Étape 3 : Normalisation

Afin d'améliorer la répartition du diesel et de l'essence entre les véhicules routiers et hors route, on a intégré un algorithme compensateur au MEMGES. Cet algorithme vise à tenir compte de l'incertitude associée aux valeurs de consommation de carburant qui sont déclarées par les divers sous-secteurs économiques et les enquêtes indépendantes sur la consommation de carburant.

Essence

La première estimation de la consommation d'essence par les véhicules routiers, calculée à l'étape deux, constitue une estimation « ascendante» basée sur le parc de véhicules, les TPCC et les TAK.

La deuxième estimation se fonde sur le calcul « de type descendant » des ventes d'essence taxées et brutes déclarées par Statistique Canada (tableau 405-0002 du CANSIM). Cette enquête est effectuée auprès de chaque province pour connaître ses ventes de carburant au détail ou autres. On rajuste la valeur déclarée sous la rubrique Ventes brutes d'essence (sommes des ventes taxées et non taxées) afin d'obtenir le même montant total d'essence disponible pour le transport que celui déclaré dans le BDEEC annuel (Statistique Canada nº 57-003). On ajuste le volume des ventes taxées d'essence de la même façon; ce montant constitue alors la seconde estimation, de type descendant, de la consommation d'essence par les véhicules routiers.

À l'échelon provincial, les estimations descendantes et ascendantes de la consommation d'essence diffèrent légèrement, mais, sur le plan national, on constate une forte corrélation entre les deux estimations. Si l'estimation ascendante est plus élevée que la descendante, on considère que le volume rajusté des ventes taxées constitue l'estimation finale de la consommation d'essence sur route. Dans le cas contraire, c'est la moyenne des deux valeurs qui constitue l'estimation finale de la consommation d'essence sur route.

Carburant diesel

On calcule la première estimation de la consommation de diesel par les véhicules routiers à l'étape deux (ascendante).

La seconde estimation (descendante) se fonde sur les ventes taxées de diesel qui sont déclarées par Statistique Canada (tableau 405-0002 du CANSIM).

À l'échelon provincial, les estimations descendantes et ascendantes de la consommation de diesel diffèrent légèrement, mais, sur le plan national, on constate une forte corrélation entre les deux estimations. La moyenne de ces deux estimations représente généralement l'approximation la plus fiable de la consommation réelle de carburant diesel sur route. Dans le cas où cette valeur moyenne dépasse la quantité totale de carburant diesel disponible déclarée dans le BDEEC (Statistique Canada, nº 57-003), c'est la consommation totale de diesel figurant dans le BDEEC qui constitue l'estimation finale de la consommation sur route.

Étape 4 : Calcul des émissions des véhicules routiers

On estime les émissions en tenant compte du type de carburant, de la quantité totale de carburant consommée et du coefficient d'émission approprié.

On calcule les émissions au moyen de l'Équation A2–1.

A2.4.2.2. Transport hors route (catégorie 1.A.3.e du CUPR)

Les émissions de GES des véhicules hors route sont calculées au moyen d'une méthode de niveau 1 du GIEC.

Étape 1 : Calcul de la consommation de carburant des véhicules hors route.

On calcule la consommation de carburant des véhicules hors route au moyen de l'Équation A2–3 :

Équation A2–3:

$$\begin{aligned}&\textit{Consommation de carburant des véhicules hors route}\\&\quad = \textit{Carburant disponible pour le transport}\\&\quad - \textit{Consommation de carburant des véhicules routiers}\end{aligned}$$

Étape 2 : Calcul des émissions des véhicules hors route

On estime les émissions en tenant compte du type de carburant, de la quantité totale de carburant consommée et du coefficient d'émission approprié.

On calcule les émissions au moyen de l'Équation A2–1.

A2.4.2.3. Aviation civile (vols intérieurs)
(catégorie 1.A.3.a du CUPR)

Les émissions de GES de l'aviation civile sont calculées au moyen d'une variante de la méthode de niveau 1 du GIEC pour l'essence d'aviation et d'une variante de la méthode de niveau 3 pour le carburéacteur. On désigne le modèle de l'aviation par l'acronyme MEGESA pour modèle des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation.

Ce sous-secteur comprend toutes les émissions de GES issues du transport aérien intérieur (commercial, privé, militaire, agricole, etc.). Conformément aux lignes directrices du GIEC (version révisée de 1996) et en raison de l'utilisation de la méthode de niveau 3, les émissions du transport aérien militaire attribuées à la consommation de carburéacteur sont déclarées dans le sous-secteur Autres (catégorie 1.A.5 du CUPR). Cependant, les émissions du transport aérien militaire provenant de la consommation d'essence d'aviation restent dans cette catégorie (1.A.3.a) puisque les sources de données actuelles pour ce type de carburant regroupent la consommation de carburant du transport aérien militaire et de l'aviation civile pour des raisons de confidentialité. Les émissions des carburants utilisés dans les aéroports pour le transport au sol (qui sont déclarées dans la catégorie Autres modes de transport (transport hors route)) ainsi que les émissions de combustion attribuables aux sources fixes dans les aéroports sont exclues. Les émissions liées aux vols internationaux relèvent de la catégorie « Soutes » et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais elles sont estimées et déclarées séparément dans la catégorie Soutes internationales.

On estime les émissions de l'essence d'aviation à partir de la consommation apparente de carburants pour avion (GIEC/OCDE/AIE, 1997) et du coefficient d'émission pour chaque type de carburant. Le BDEEC (Statistique Canada nº 57-003) recense les données de la vente de carburant pour l'aviation aux lignes aériennes canadiennes, aux lignes aériennes étrangères, aux administrations publiques et au secteur commercial et institutionnel. Tout le carburant utilisé pour l'aviation, autre que celui déclaré pour les lignes aériennes étrangères, est considéré être utilisé pour l'aviation interne.

Méthode de niveau 3

Étape 1 : données d'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, 2011) 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 à partir de 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. Environnement Canada (EC) 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, qui exploite

un modèle de l'aviation appelé SAGE, lequel intègre de réelles données radar, a fourni à EC 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 finale 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, le nom des aéroports, etc. ont été compilés à partir des données de diverses sources, dont Transports Canada (Cadieux, 2006), le Supplément de vol – Canada (NAV CANADA, 2009), SAGE (Fleming, 2008b), le Groupe de travail sur la modélisation et les bases de données (MODTF) (Fleming, 2008c), la FAA (FAA, 2009) et des études antérieures menées par Environnement Canada (Manning, 2007). Les coordonnées géographiques des aéroports sont essentielles au calcul de la distance orthodromique et à l'établissement de la longueur de la trajectoire de vol.

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.

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 prenant en compte ses caractéristiques connues. Les caractéristiques du carburant utilisé par divers aéronefs représentatifs proviennent de la Base of Aircraft Data (BADA) (BADA, 2009), de la base de données sur les émissions des moteurs de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) (OACI, 2009) et de la base de données sur les turbopropulseurs de la Swedish Defence Research Agency (FOI) (Hagstrom, 2010). Les données de la BADA servent à estimer la consommation de carburant immédiatement après le décollage jusqu'à l'atterrissage. L'information de l'OACI permet de définir les portions restantes du cycle d'atterrissage et de décollage, qui sont le roulage et l'accélération sur la piste avant le décollage (expliqués plus en détail à la deuxième étape). Enfin, les données de la FOI servent aux mêmes fins que celles de l'OACI, mais fournissent des renseignements sur de petits aéronefs à turbopropulseur, qui ne se trouvent pas dans les données de l'OACI.

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, 2009) (GIEC, 2006) (OACI, 2008) (EMEP/CORINAIR, 2006) et les caractéristiques correspondantes des aéronefs (MTOW2, nombre d'engins, type d'engin, etc.), en l'absence de renseignements publiés pour un aéronef donné.

Performance des aéronefs en matière d'émissions

Pour mieux estimer les émissions de CH_4, le MEGESA a utilisé des coefficients d'émission particuliers pour le cycle d'atterrissage et de décollage. Les coefficients sont tirés des tableaux 3.6.9 des lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006) et se présentent sous forme d'émissions totales pour

2 Masse maximale au décollage

le cycle d'atterrissage et de décollage. Ces coefficients ont ensuite été ajustés selon un ratio fondé sur la différence de carburant total à l'atterrissage et au décollage entre les valeurs figurant dans le tableau et celles calculées par le modèle. Il est admis qu'un ajustement un contre un des émissions de CH_4 basé sur les différences de taux pondéré de consommation de carburant peut ne pas être entièrement approprié, mais, en l'absence d'information supplémentaire, cette modification a été apportée tout en reconnaissant que les valeurs par défaut du tableau 3.6.9 ne reflètent pas fidèlement la méthodologie du modèle. Pour la portion du vol en croisière, on présume que les émissions de CH_4 sont nulles (Wiesen *et al*., 1994). Pour faciliter l'utilisation des données par le grand public, le coefficient d'émission publié pour le CH_4 sera une moyenne de la flotte pour l'ensemble de la série chronologique calculée à partir du carburant total utilisé (pour l'atterrissage, le décollage et le vol en croisière).

On trouve également dans le tableau 3.6.9 des Lignes directrices 2006 du GIEC des coefficients d'émissions de N_2O propres à des aéronefs 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, et ce dernier 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.

Étape 2 : Calcul du carburant aviation

Le carburant consommé pendant chacun des mouvements d'un aéronef est estimé à l'aide de l'Équation A2–4 :

Équation A2–4:

$$\text{Consommation de carburant}_{\text{totale pour le vol}} = \text{consommation de carburant}_{\text{A-D}} + \text{consommation de carburant}_{\text{vol en croisière}}$$

La phase de l'atterrissage et du décollage d'un vol (en deçà de 3000 pi) comprend l'accélération sur la piste jusqu'à l'envol, la montée (du point où l'avion quitte la piste jusqu'à 3000 pi), l'approche (du niveau de 3000 pi jusqu'à l'atterrissage) 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 segments de l'accélération sur la piste et du roulage du cycle d'atterrissage et de décollage sont calculés d'après les durées de chaque mode (*time-in-modes*) de l'OACI (0,7 min pour l'accélération et 26 min pour le roulage total) (EMEP/CORINAIR, 2006); ces valeurs étant multipliées par le taux de consommation de carburant pour chaque mode qui est tiré des données de l'OACI ou de la base de données sur les émissions de la FOI. Les émissions des segments de la montée et de l'approche sont calculées en tenant compte des caractéristiques de consommation de carburant de l'aéronef figurant dans la BADA.

Pendant la phase de vol en croisière (au-dessus de 3000 pi), les émissions sont calculées d'après les 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 3000 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 3000 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

Tout le carburéacteur apparemment consommé au Canada est indiqué dans le BDEEC (Statistique Canada, nº 57-003). Le carburant consommé, selon les estimations établies au moyen de la méthode ascendante du MEGESA, est modifié pour correspondre à la valeur du BDEEC 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 A2–1 (comme nous l'avons mentionné, l'estimation des émissions de CH_4 pour le cycle d'atterrissage et de décollage pour un mouvement ne dépend pas du carburant consommé). On obtient ensuite une estimation des émissions à l'échelle nationale en additionnant les estimations individuelles des émissions.

A2.4.2.4. Navigation maritime interne
(catégorie 1.A.3.d du CUPR)

Les émissions sont calculées au moyen d'une méthode de niveau 1 du GIEC. On multiplie la consommation de carburant marin par les navires canadiens déclarée dans le BDEEC (Statistique Canada nº 57-003) par les coefficients d'émission propres aux divers carburants (voir l'annexe 8). On présume que les émissions issues du carburant vendu aux navires étrangers ne servent qu'à des voyages internationaux; ils sont déclarés séparément sous la rubrique des soutes internationales.

Certains navires canadiens effectuent des voyages internationaux. On ne dispose pas actuellement de données qui permettraient de distinguer correctement les activités de transport intérieures et internationales réalisées par des navires canadiens.

A2.4.2.5. Transport ferroviaire
(catégorie 1.A.3.c du CUPR)

On utilise une méthode de niveau 1 du GIEC pour calculer les émissions de cette catégorie. On multiplie la consommation de carburant pour le transport ferroviaire déclarée dans le BDEEC (Statistique Canada nº 57-003) par les coefficients d'émission propres aux divers carburants (voir l'annexe 8).

Au Canada, les locomotives sont essentiellement alimentées au carburant diesel. Les émissions des trains à vapeur sont considérées comme négligeables, et les émissions des locomotives mues à l'électricité sont comptabilisées sous la rubrique de production d'électricité.

A2.4.2.6. Biomasse
(catégorie 1.A.3.e 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 présumé 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 de 1990 à 1996 ont été tirés d'un rapport daté de 2011 portant sur la production et la consommation de biocarburants au Canada (TFIS Inc., 2011). Les valeurs de la consommation nationale de la période 1997–2010 proviennent de l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) – Ressources naturelles Canada[3]. Pour ce qui est des biocarburants en 2011, les données sur les volumes d'éthanol-carburant à l'échelle provinciale proviennent d'Environnement Canada et ont été ramenées à un total national obtenu auprès de Ressources naturelles Canada[4], alors que les données sur la consommation de biodiesel en 2011 ont été extrapolées à partir de la tendance observée au cours des cinq années précédentes.

Au lieu d'établir de nouveaux coefficients d'émission du CH_4 et du N_2O pour les biocarburants, on utilise les coefficients d'émission pour l'essence et le diesel des classes de technologies équivalentes. Les coefficients d'émission

3 Appleby, J. 2011. Communication personnelle (courriels adressés à S. McKibbon, le 22 juillet 2011 et le 11 août 2011). Division des inventaires et rapports sur les polluants.

4 Moshi, K. 2012. Communication personnelle (courriel adressé à S. McKibbon, le 30 novembre 2012). Division des inventaires et rapports sur les polluants.

de CO_2 sont formulés à partir des propriétés chimiques du carburant.

A2.4.2.7. Pipelines
(catégorie 1.A.3.e du CUPR)

Cette catégorie inclut les moteurs alimentés aux combustibles fossiles utilisés pour faire fonctionner les compresseurs servant au transport des produits du pétrole et du gaz naturel. On utilise surtout du gaz naturel, mais on a recours au diesel pour le transport de certains produits pétroliers raffinés. 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 A2–1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission établis pour les combustibles particuliers à l'échelle provinciale (pour le gaz naturel) et à l'échelle nationale.

Annexe 3

Autres méthodologies

A3.1. 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 la méthodologie utilisée pour le calcul des 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 transformation et de la production de 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 synthétique. Le chapitre 3 du présent rapport contient une description détaillée des sources d'émissions fugitives.

Toutes les émissions de GES attribuables aux activités de combustion fixe 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 à l'énergie (section A3.2.1) et au transport (section A3.2.3), et leurs méthodologies sont décrites à l'annexe 2 (sections A2.4.1 et A2.4.2).

A3.1.1. Combustibles solides

A3.1.1.1. Charbon - Production

Les estimations d'émissions fugitives sont basées sur une étude préparée par B. King pour Neill and Gunter Ltd. (étude de King) et intitulée *Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, engineering, economic, and institutional implications of options* (King 1994). Cette étude présente des coefficients d'émission pour tous les types de charbon et de mines de charbon. Il existe deux types de mines de charbon au Canada : les mines souterraines et les mines à ciel ouvert. La méthode employée par King (1994) pour estimer les taux d'émission de l'extraction du charbon repose sur une méthode modifiée du Conseil consultatif de l'industrie du charbon. Il s'agit d'une version hybride des méthodes de niveau 3 et de niveau 2 du GIEC, selon la disponibilité des données propres à une mine en particulier. L'étude sépare les émissions attribuables aux mines souterraines de celles attribuables aux mines à ciel ouvert qui, toutes deux, comprennent les émissions des activités post-extraction. On trouvera plus bas une explication de la méthodologie utilisée pour le calcul des émissions des deux types de mines.

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. Les émissions du système d'aération des puits de mine ont été estimées (en l'absence de données chiffrées) au moyen de l'Équation A3–1 :

Équation A3–1:

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

où:

Y	=	mètres cubes (m3) de CH_4 par tonne (t) de charbon extrait
X	=	profondeur de la mine en mètres (m)

Les émissions des activités post-extraction ont été estimées en partant de l'hypothèse que 60 % du CH_4 piégé dans le charbon (après extraction de la mine) est rejeté dans l'atmosphère avant la combustion. Lorsqu'on ignorait la teneur en gaz du charbon extrait, on a posé l'hypothèse que la teneur en CH_4 était de 1,5 m^3/t (ce qui constitue la

teneur moyenne globale en CH_4 des charbons). Les émissions des activités post-extraction sont comprises dans les coefficients d'émission de la production de charbon.

Mines à ciel ouvert

Pour les mines à ciel ouvert, on a présumé que la teneur moyenne en CH_4 des charbons bitumineux ou subbitumineux extraits était de 0,4 m^3/t (selon des données chiffrées américaines [King, 1994]). On a présumé ensuite que 60 % de ce volume était rejeté dans l'atmosphère avant la combustion. Pour le lignite, on a utilisé les valeurs sur la teneur en gaz établies auparavant pour le Canada (Hollingshead, 1990).

Les couches non exploitées avoisinantes sont une importante source d'émissions dans les mines à ciel ouvert. On a cherché à les comptabiliser en rajustant les données selon les émanations de CH_4 des gisements attenants non exploités situés jusqu'à une profondeur de 50 m au-dessous de la surface de la mine. On a estimé qu'il fallait majorer de 50 % les coefficients d'émission de base pour l'extraction à ciel ouvert (King, 1994). On a corrigé en conséquence les coefficients d'émission du Tableau A3–1.

On a utilisé les coefficients d'émission de méthane des mines de charbon de l'étude de King (1994) afin d'estimer les émissions fugitives de méthane des mines de charbon du Canada. Les coefficients d'émission varient selon les régions et les terrains houillers, et selon que les mines sont souterraines ou à ciel ouvert.

On a calculé les émissions des mines de charbon à l'aide de l'Équation A3–2:

Équation A3–2:

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

où:

$CE_{i,j,k,l}$ = coefficient d'émission tiré de l'étude de King (1994) pour la province i, le type de charbon j,la mine k et le terrain houiller l

$Charbon_{i,j,k,l}$ = production minière brute de charbon extrait dans la province i, par type de charbon j, par mine k et par terrain houiller l

On a calculé les émissions pour chaque province, puis on les a additionnées afin d'obtenir une estimation des émissions pour l'ensemble du Canada.

A3.1.1.2. Données d'activité

Les données d'activité requises sont celles de la production minière brute pour chaque type de charbon extrait dans chaque province, selon les Statistiques du charbon et du coke de Statistique Canada (nº 45-002, tableau 2). Toutefois, Statistique Canada a interrompu la publication de ce rapport en 2002, et les données sont désormais transmises directement à Environnement Canada en vertu d'un protocole d'entente.

A3.1.1.3. Emission Factors

Emission factors were developed by coal type, coal mine type and coal field. However, because of confidentiality requirements, factors can only be reported at the provincial level. Therefore, weighted emission factors were developed at the provincial level.

Tableau A3–1 Coefficients d'émissions fugitives pour les mines de charbon

Province	Type de charbon	Type de mine	Coefficient d'émission	Unités
Nouvelle-Écosse	bitumineux	ciel ouvert	0,07	t CH_4/kt de charbon extrait
Nouvelle-Écosse	bitumineux	souterraine	14,49	t CH_4/kt de charbon extrait
Nouveau-Brunswick	bitumineux	ciel ouvert	0,07	t CH_4/kt de charbon extrait
Saskatchewan	lignite	ciel ouvert	0,07	t CH_4/kt de charbon extrait
Alberta	bitumineux	ciel ouvert	0,60	t CH_4/kt de charbon extrait
Alberta	bitumineux	souterraine	1,69	t CH_4/kt de charbon extrait
Alberta	subbitumineux	ciel ouvert	0,18	t CH_4/kt de charbon extrait
Colombie-Britannique	bitumineux	ciel ouvert	0,65	t CH_4/kt de charbon extrait
Colombie-Britannique	bitumineux	souterraine	2,78	t CH_4/kt de charbon extrait

Source : Adapté de King (1994).

The weighted emission factors, by mine and coal type, developed using the King (1994) methodology, are listed in Tableau A3–1.

A3.1.2. Pétrole et gaz naturel

A3.1.2.1. Production de pétrole et de gaz en amont

Le calcul des émissions fugitives attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz naturel d'amont (PGA) est basé sur une étude préparée pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) par Clearstone Engineering et intitulée *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H_2S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (ACPP 2005a). On a effectué une analyse de niveau 3 afin d'estimer toutes les émissions de GES attribuables au secteur du PGA en 2000, à l'exception de l'extraction et de la valorisation des sables bitumineux. On s'est ensuite servi de ce résultat pour estimer les émissions de l'industrie pendant la période 1990-1999. Les émissions de l'industrie du PGA pour la période 1990-2000 sont tirées directement de l'étude mentionnée ci-dessus (ACPP 2005a).

Les émissions fugitives de l'industrie du PGA à partir de 2001 sont basées sur le modèle d'estimation des émissions de PGA (ACPP, 2005b) (ci-après appelé le modèle PGA), qui s'appuie sur des données de l'ACPP (ACPP, 2005a). Le modèle PGA a été élaboré pour le compte de l'ACPP par Clearstone Engineering. Les secteurs et les sources du modèle PGA correspondent à ceux de l'inventaire PGA de 1999-2000.

Le Tableau A3–2 dresse une liste des secteurs et des sources estimées dans l'étude PGA (ACPP 2005a) et indique dans quelle catégorie du cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR) ces émissions ont été réparties.

La méthodologie, les coefficients d'émission et les données d'activité utilisées pour estimer les émissions de 1990 à 1999 et à partir de 2001 ont été préparées par Clearstone Engineering Ltd. et sont présentées aux sections qui suivent. On consultera l'étude PGA (ACPP, 2005a) et le modèle PGA (ACPP, 2005b) pour plus de détails.

Méthodologie pour les estimations de 2000

On a calculé les estimations des émissions de l'industrie du PGA pour 2000 en utilisant une approche ascendante à partir des installations individuelles et de leur équipement. Pour ce faire, on s'est servi de données officielles des provinces productrices et de données de sondage de 1 500 installations fournies par des producteurs de pétrole et de gaz naturel. On a estimé les émissions fugitives provenant des sources suivantes :

- torchage;
- rejet de CO_2 du gisement;
- évacuation;
- fuites fugitives et non intentionnelles (fuites provenant de l'équipement, pertes de stockage et de manutention et fuites accidentelles).

On a ensuite regroupé les émissions afin de déterminer les émissions totales par type d'installation, type d'activité et aire géographique. Les méthodes de base utilisées pour l'estimation des émissions de GES sont les suivantes :

- résultats du contrôle des émissions;
- simulation des sources d'émissions;
- coefficients d'émission;
- rendements de destruction et d'élimination (RDE).

Les données suivantes ont été recueillies auprès des installations et utilisées pour l'élaboration de l'inventaire de 2000 :

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

On a aussi utilisé les données suivantes :

- 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 torchés;
- composition des flux d'entrée et de sortie.

Ces données ont été recueilli :es et utilisées afin de calculer l'estimation des émissions fugitives pour l'année 2000. Pour plus de détails, on consultera l'étude PGA (ACPP 2005a).

Tableau A3–2 Répartition des émissions de l'inventaire PGA selon les catégories d'émissions fugitives du CUPR

Secteur	Source	Catégorie d'émissions fugitives du CUPR
Accidents et équipements défectueux	Systèmes de purge des tubages de ciel ouvert et migration des gaz	2.B. Gaz naturel, iii. Autres fuites dans des usines ou des centrales
Accidents et équipements défectueux	Fuites/ruptures de pipeline	2.B. Gaz naturel, iii. Autres fuites dans des usines ou des centrales
Production de pétrole brut classique	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Production de pétrole brut classique	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Production de pétrole brut classique	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole brut classique	Chargement/déchargement	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole brut classique	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Production de pétrole brut classique	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole brut classique	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Forage de puits de pétrole et de gaz	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, ii. Combiné
Production de gaz naturel	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	2.C. Évacuation, ii. Gaz naturel
Production de gaz naturel	Torchage	2.C. Torchage, ii. Gaz naturel
Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.B. Gaz naturel, i. Production/traitement
Production de gaz naturel	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, ii. Gaz naturel
Production de gaz naturel	Pertes durant le stockage	2.B. Gaz naturel, i. Production/traitement
Production de gaz naturel	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, ii. Gaz naturel
Traitement du gaz naturel	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	2.C. Évacuation, ii. Gaz naturel
Traitement du gaz naturel	Torchage	2.C. Torchage, ii. Gaz naturel
Traitement du gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.B. Gaz naturel, i. Production/traitement
Traitement du gaz naturel	Chargement/déchargement	2.B. Gaz naturel, i. Production/traitement
Traitement du gaz naturel	Rejet du CO_2 du gisement	2.C. Évacuation, ii. Gaz naturel
Traitement du gaz naturel	Pertes durant le stockage	2.B. Gaz naturel, i. Production/traitement
Traitement du gaz naturel	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, ii. Gaz naturel
Production de pétrole lourd/bitume froid	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Production de pétrole lourd/bitume froid	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Production de pétrole lourd/bitume froid	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole lourd/bitume froid	Chargement/déchargement	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole lourd/bitume froid	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Production de pétrole lourd/bitume froid	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole lourd/bitume froid	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Exploitations thermiques	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Exploitations thermiques	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, ii. Production
Exploitations thermiques	Chargement/déchargement	2.A. Pétrole, ii. Production
Exploitations thermiques	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Exploitations thermiques	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, ii. Production
Exploitations thermiques	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Transport de produits liquides	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Transport de produits liquides	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, iii. Transport
Transport de produits liquides	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, iii. Transport
Transport de produits liquides	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Essai des puits	Torchage	2.C. Torchage, iii. Combiné
Essai des puits	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, iii. Combiné

Méthodologie pour les estimations de la période 1990-1999

Sauf pour la Nouvelle-Écosse, on a estimé les émissions de l'industrie du PGA des différentes provinces pour la période 1990-1999 en se servant des estimations de l'étude PGA de 2000 (ACPP, 2005a) et des données annuelles sur la production. En 2000, la Nouvelle-Écosse, qui, jusque-là (soit de 1992 à 1999), ne produisait que du pétrole, a abandonné complètement cette production pour passer au gaz naturel. On a estimé les émissions fugitives de cette province en extrapolant les données de l'étude PGA de 1995 de l'ACPP (1999).

Pour plus de détails, on consultera l'étude PGA (ACPP 2005a).

Méthodologie pour la période commençant en 2001

On a estimé les émissions pour la période commençant en 2001 en extrapolant les données d'émissions du PGA de 2000 à l'aide des données d'activité pour chaque source d'émission de chacun des sous-secteurs. On a calculé douze paramètres d'activité pour chaque province/territoire et année et on les a utilisés pour ventiler les estimations de 2000 de l'étude PGA pour la période débutant en 2001.

- production de gaz naturel
- pétrole brut classique (PC);
- pétrole lourd (PL);
- bitume naturel (BN);
- gaz de combustion;
- gaz torchés;
- nombre de puits forés;
- déversements;
- nombre total de puits;
- PC + PL + BN;
- PL + BN;
- perte d'extraction.

On a effectué le calcul à l'aide de l'Équation A3–3 :

Équation A3–3:

$$ER_{i,j}^{k} = ER_{i,j}^{2000} \times \left(\frac{AF_j^k}{AF_j^{2000}}\right)$$

où:

$ER_{i,j}^{k}$	=	taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année k (t/an),
$ER_{i,j}^{2000}$	=	taux d'émission du composé i, à la source j pendant l'année k (t/an),
AF_j^k	=	coefficient d'activité pour la source j et l'année k,
AF_j^{2000}	=	coefficient d'activité de l'année de référence pour la source j

On a utilisé les données d'activité présentées au Tableau A3–3 pour calculer les douze paramètres d'activité (énumérés ci-dessus) qui interviennent dans l'estimation des émissions de la période commençant en 2001. Ces données ont servi d'intrants au modèle. Les extrants sont l'estimation des émissions fugitives de l'industrie du PGA pour une année donnée.

Le Tableau A3–4 présente une liste des coefficients d'activité utilisés pour estimer les émissions, avec leurs sources.

A3.1.2.2. Transport du gaz naturel

Méthodologie

La quasi-totalité du gaz naturel produit au Canada est transportée par gazoduc depuis les usines de transformation jusqu'aux systèmes locaux de distribution. La plus grande partie des émissions sont causées par des fuites ou par l'évacuation par une bouche d'aération le long des gazoducs.

Le calcul des émissions fugitives lors du transport du gaz naturel repose sur deux documents. Le premier, *CH_4 and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry Draft Report* (ACPP, 1999), a été préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'ACPP en juillet 1999. Le second document consiste en une série de tableaux auxiliaires qui décrivent les émissions de CO_2, fournis par Brian Ross, de Clearstone Engineering Ltd. Le transport du gaz naturel ne produit aucune émission fugitive de N_2O. Les émissions de CO_2 et de CH_4 pour la période 1990-1996 sont tirées directement des deux sources consultées. On estime les émissions de CO_2 et de CH_4 pour la période

Tableau A3–3 Sources de données d'activité requises par le modèle du PGA

Origine	Publication	Données d'activité
Statistique Canada	Tableau 131 0001 CANSIM : Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel (Statistique Canada, 2012a)	Moins de gaz brûlé sur les chantiers et pertes Emploi et utilisation sur les chantiers Utilisation et élimination des systèmes de collecte Utilisations dans les usines Perte lors du traitement
	Guide statistique de l'énergie (Statistique Canada, 2012b)	Production originale brute Pétrole lourd Pétrole léger et moyen Pétrole synthétique Pétrole bitumineux
Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan	2011 Monthly Production and Disposition of Crude Oil at the Producer Level (Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan, 2012a)	Production de pétrole brut léger et moyen Production de pétrole lourd
	2011–2012 Annual Report (Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan, 2012b)	Nombre total de puits exploitables (Saskatchewan)
Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP)	*Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry* (ACPP, 2012)	Nombre total de puits forés (y compris puits improductifs et puits de service)
Energy Resources Conservation Board (ERCB)	ST-57 Public Safety / Field Surveillance Provincial Summary 2010 (ERCB, 2011a)	Somme des incidents d'éruption (forage, entretien, etc.), venue de gaz et rupture de canalisation.
	ST-59 Alberta Drilling Activity, Monthly Statistics, décembre 2011 (ERCB, 2012a	Puits de pétrole et de gaz exploitables (décembre) (Alberta)
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique	Oil and Gas Production and Activity in British Columbia 2010 [1]	Somme des puits producteurs de pétrole et de gaz (Colombie-Britannique)
Ministère des Sciences, de la Technologie, de l'Énergie et des Mines du Manitoba	Manitoba Petroleum Statistics (Manitoba Innovation, Energy and Mines 2012)	Puits capables de produire (décembre) (Manitoba)
Canada–Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board (CNLOPB)	Development Wells – Hibernia (CNLOPB, 2012a) Development Wells – Terra Nova (CNLOPB, 2012b) Development Wells – White Rose (CNLOPB, 2012c) Development Wells – North Amethyst Rose (CNLOPB, 2012d)	Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz

1. Mou C. 2012. Communication personnelle (courriel de C. Mou à S. Smyth, ingénieur de projet, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, daté du 27 nov. 2012). Ministère de l'Énergie, des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique.

Tableau A3–4 Données d'activité utilisées pour ventiler les émissions par secteur et par source

Secteur	Source	Coefficients d'activité
Accidents et équipements défectueux	Déversements, ruptures, explosions	Nombre total des déversements, ruptures et explosions
Accidents et équipements défectueux	Systèmes de purge des tubages de surface	Nombre total de puits exploitables
Accidents et équipements défectueux	Migration des gaz	Nombre total de puits exploitables
Production de pétrole moyen/léger	Torchage	Volume des gaz torchés
Production de pétrole moyen/léger	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Pertes durant le chargement/ déchargement	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Évacuation déclarée	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Pertes durant le stockage	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Évacuation non déclarée	Production de pétrole moyen/léger
Forage des puits	Évacuation	Nombre de puits forés
Production de gaz naturel	Torchage	Volume des gaz torchés
Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Pertes durant le chargement/ déchargement	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Évacuation déclarée	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Pertes durant le stockage	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Évacuation non déclarée	Production de gaz brut
Traitement du gaz naturel	Torchage	Volume des gaz torchés
Traitement du gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de gaz brut
Traitement du gaz naturel	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de gaz brut
Traitement du gaz naturel	Pertes durant le chargement/ déchargement	Production de gaz brut
Traitement du gaz naturel	Rejet de CO_2 du gisement	Perte d'extraction
Traitement du gaz naturel	Évacuation déclarée	Production de gaz brut
Traitement du gaz naturel	Pertes durant le stockage	Production de gaz brut
Traitement du gaz naturel	Évacuation non déclarée	Production de gaz brut
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Torchage	Volume des gaz torchés
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Pertes durant le chargement/ déchargement	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Évacuation déclarée	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Pertes durant le stockage	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Évacuation non déclarée	Production de pétrole lourd
Entretien des puits	Évacuation	Nombre de puits forés
Entretien des puits	Torchage	Nombre de puits forés
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Torchage	Volume des gaz torchés
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Pertes durant le chargement/ déchargement	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Évacuation déclarée	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Pertes durant le stockage	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Évacuation non déclarée	Production de pétrole/bitume lourd
Transport de produits	Torchage	Volume des gaz combustibles
Transport de produits	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole léger/moyen, de pétrole lourd et de bitume
Transport de produits	Évacuation	Production de pétrole léger/moyen, de pétrole lourd et de bitume
Transport de produits	Pertes durant le stockage	Production de pétrole léger/moyen, de pétrole lourd et de bitume
Essai des puits	Torchage	Nombre de puits forés
Essai des puits	Évacuation	Nombre de puits forés

Source : Extrapolation of the 2000 UOG Emission Inventory to 2001, 2002 and 2003. ACPP (2005b).

commençant en 1997 à l'aide de coefficients d'émission propres à chacune des provinces.

On estime les émissions à l'aide de l'Équation A3–4 :

Équation A3–4:

$$\text{Émission } (kt) = \text{Longueur du pipeline de transport } (km) \times \text{Coefficient d'émission (taux de fuite } kt/km)$$

On calcule les émissions pour chacune des provinces, puisque ces dernières ont des coefficients d'émission uniques, et ensuite on additionne les résultats afin d'obtenir les émissions totales de CO_2 et de CH_4 au Canada. Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, le Yukon et le Nunavut ne possèdent pas de gazoducs pour le transport du gaz naturel. Toutefois, des conduites d'amenée de gaz naturel traversent le Yukon, et les émissions fugitives qui s'y rattachent sont prises en compte dans la catégorie 1.B.2.b.ii Production/traitement du gaz naturel dans le tableau du CUPR.

Coefficients d'émission

On a élaboré les coefficients d'émission des provinces pour la période commençant en 1997 (tableau A_3-5) à partir des données sur les émissions de 1996 et sur les longueurs des pipelines mentionnées dans l'étude de l'ACPP (1999). Jusqu'en 1998 inclusivement, il n'y a pas eu d'émissions fugitives en Nouvelle-Écosse ni au Nouveau-Brunswick ni dans les Territoires du Nord-Ouest, puisqu'il n'y avait aucun gazoduc servant au transport du gaz naturel dans ces régions avant 1999.

Données d'activité

L'estimation des émissions fugitives pour la période débutant en 1997 est basée sur les données relatives à la longueur des pipelines qui ont servi au transport du gaz naturel chaque année. Ces données étaient publiées chaque année par Statistique Canada dans son document *Transport et distribution du gaz naturel* (nº 57-205). Statistique Canada a mis fin à cette publication. Les longueurs de pipelines mises à jour pour 2009 ont été fournies par Statistique Canada[1], tandis que celles de 2010 et 2011 ont été estimées. Pour le Québec, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta et la Colombie-Britannique ainsi que pour les Territoires du Nord-Ouest, les longueurs de pipelines pour 2010 et 2011 ont été estimées en fonction du changement annuel moyen de longueur entre 2000 et 2009. On a présumé que les valeurs de 2010 et de 2011 étaient les mêmes que la valeur de 2009 pour le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, puisque les longueurs des pipelines servant au transport du gaz naturel n'y ont pas changé depuis 2003 et 2002, respectivement. Des améliorations du modèle sont envisagées. Pour d'autres précisions, consulter le chapitre 3.

1 Statistique Canada. 2011. Communication personnelle (courriel daté du 19 octobre 2011 de S. Fagan, Division de la fabrication et de l'énergie, Statistique Canada, à S. Smyth, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement Canada).

Tableau A3–5 Coefficients d'émission pour le transport du gaz naturel de 1997 à aujourd'hui

Région	Coefficients d'émission (kt/km)	
	CO_2	CH_4
Nouvelle-Écosse	$2{,}40 \times 10^{-5}$	0,0032
Nouveau-Brunswick	$2{,}40 \times 10^{-5}$	0,0032
Québec	$7{,}20 \times 10^{-5}$	0,0096
Ontario	$1{,}60 \times 10^{-5}$	0,0022
Manitoba	$2{,}90 \times 10^{-5}$	0,0039
Saskatchewan	$1{,}50 \times 10^{-5}$	0,0021
Alberta	$2{,}80 \times 10^{-5}$	0,0038
Colombie-Britannique	$2{,}90 \times 10^{-5}$	0,0039
Territoires du Nord-Ouest	$2{,}40 \times 10^{-5}$	0,0032

A3.1.2.3. 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), qui a été préparé en 2004 par la firme Levelton Consultants Ltd. pour l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP), Ressources naturelles Canada (RNCan), Environnement Canada et Industrie Canada. Cette étude, fruit d'un sondage effectué auprès de l'industrie du raffinage, utilise les données recueillies ainsi que d'autres données du Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC), pour élaborer des estimations des émissions de GES pour 1990 et pour la période 1994-2002.

La présente discussion de la méthodologie utilisée pour les raffineries se divise en trois parties : les émissions fugitives (rejets accidentels), l'évacuation des procédés et le torchage. La méthodologie utilisée pour les émissions de la combustion est présentée à l'annexe 2 du rapport d'inventaire national.

Méthodologie

Émissions fugitives

Les coefficients d'émission du CO_2 et du CH_4, élaborés par Levelton Consultants Ltd., ont été présentés dans l'étude sur les raffineries (CPPI 2004). Ces coefficients sont utilisés pour estimer les émissions fugitives des années qui ne sont pas incluses dans l'étude : 1991–1993 et à partir de 2003.

On calcule les émissions fugitives à l'aide de l'Équation A3–5 :

Équation A3–5:

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

La consommation annuelle d'énergie des raffineries (GJ) est la 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* (Statistique Canada, nº 57-003-XIB au catalogue), y compris les carburants présentés dans le tableau des produits pétroliers raffinés, sous la rubrique « consommation par le producteur ». 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.

Les coefficients d'émission sont les suivants :

- Dioxyde de carbone : 2,78 kg CO_2/TJ
- Méthane : 11,89 kg CH_4/TJ

Selon l'étude des raffineries, les émissions de N_2O pour 1990 et pour la période 1994-2002 sont restées constantes à 0,1 kt N_2O/an; toutefois, l'étude des raffineries ne contient pas assez de données pour permettre d'élaborer un CE pour ces émissions. On garde constantes les émissions de N_2O à 0,1 kt N_2O/an pour les années 1991-1993 et à partir de 2003. On présume que les émissions de N_2O indiquées dans l'étude des raffineries sont des émissions résiduelles provenant de sources de combustion, et que la majeure partie des émissions de N_2O dues au raffinage du pétrole ont été correctement déclarées dans la section sur les sources de combustion stationnaires de l'inventaire.

Émissions des procédés (évacuation)

Les émissions des procédés sont surtout dues à l'évacuation de CO_2 lors de la production d'hydrogène 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 CO_2 attribuables à la production d'hydrogène ont été mises en corrélation avec la production annuelle de PPR des raffineries. Ces résultats ont été utilisés pour estimer les émissions de CO_2 des années 1991–1993 et 1999 et à partir de 2003.

Émissions par torchage

Les émissions par torchage ont été déterminées pour le CO_2, le CH_4 et le N_2O au moyen des estimations contenues dans l'étude des raffineries et de la production de PPR des raffineries canadiennes. L'étude a fourni les émissions pour les années 1990, 1994–1998 et 2000–2002; ces émissions ont été mises en corrélation avec la production annuelle de PPR des raffineries. Les émissions par torchage des

Tableau A3–6 Données d'activité des raffineries et sources

Origine	Publication	Données d'activité
Statistique Canada	*Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC) (Statistique Canada no 57-003-XIB)	Consommation annuelle d'énergie des raffineries et des producteurs (par raffinerie) Production des PPR par des raffineries
Institut canadien des produits pétroliers (ICPP)	*Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production*, Levelton Consultants Ltd (ICPP, 2004)	Émissions fugitives Tableau 3-2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP - détaillé (kilotonnes) Émissions attribuables aux procédés Tableau 3-2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP - détaillé (kilotonnes) Émissions par torchage Annexe E - Gaz brûlés

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 d'activité

Les données d'activité présentée au Tableau A3–6 ont servi au calcul des émissions fugitives des raffineries :

A3.1.2.4. Distribution du gaz naturel

Méthodologie

On calcule les émissions fugitives attribuables à la distribution du gaz naturel 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 *Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada* du GRI (2000). Le rapport du GRI 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 aux installations. On a estimé les émissions à l'aide des données d'activité de Statistique Canada et des taux de fuite élaboré à partir des documents de l'ACG (1997) et du GRI (2000). Seules les émissions fugitives de CH_4 sont prises en compte dans la distribution du gaz naturel. On établit la relation entre les données et les coefficients de la façon suivante :

Équation A3–6:

$$\begin{aligned}&\text{Émission } (kt)\\&= \text{Longueur du pipeline de distribution } (km)\\&\times \text{Coefficient d'émission (taux de fuite } kt/km)\end{aligned}$$

On a d'abord estimé les émissions fugitives attribuables à la distribution du gaz naturel pour chacune des provinces, puis on a additionné ces résultats afin d'obtenir les émissions totales pour le Canada. Pendant la période 1990 à 2011, il n'y avait aucun gazoduc dans les provinces et territoires suivants : Terre-Neuve-et-Labrador, Île-du-Prince-Édouard, Nunavut, Yukon et Territoires du Nord-Ouest.

Coefficients d'émission

Des coefficients d'émission généraux ont été élaborés pour le réseau de distribution à partir des données d'étude (ACG, 1997; GRI, 2000) et des distances associées aux pipelines de distribution du gaz naturel de Statistique Canada. Le taux de fuite moyen pour le CH_4, pour toutes les régions, est de 0,00036 kt/km.

Données d'activité

Les mesures nécessaires aux données sont celles des longueurs des pipelines de distribution par province. Ces données étaient publiées chaque année par Statistique Canada dans son document *Transport et distribution du gaz naturel* (nº 57-205), dont la publication a cessé depuis. Les longueurs de pipelines pour 2009 ont été fournies par Statistique Canada[2]. Les longueurs de 2010 et de 2011 pour toutes les provinces ont été estimées au moyen des changements relevés entre 2008 et 2009.

Pour le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, les longueurs des pipelines de distribution pour la période de 2000 à 2006 ont été fournies par Enbride Gas New Brunswick[3] et Heritage Gas[4], respectivement. Dans les Territoires du Nord-Ouest, le pipeline Ikhil a commencé à fournir du gaz naturel à Inuvik en 1999 (Quenneville, 2009). Les longueurs des pipelines de distribution pour 1999–2006 ont été estimées en fonction des changements relevés entre 2007 et 2008.

Enfin, la longueur de 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. On a présumé que la valeur de 1999 était bonne, et une tendance linéaire a été utilisée pour estimer les valeurs de 2000 à 2006. Des améliorations du modèle sont envisagées. Pour d'autres précisions, consulter le chapitre 3.

A3.1.2.5. 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

2 Statistique Canada. 2011. Communication personnelle (courriel daté du 19 octobre 2011 de S. Fagan, Division de la fabrication et de l'énergie, Statistique Canada, à S. Smyth, Division des inventaires et des rapports sur les polluants, Environnement Canada).

3 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).

4 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).

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 on l'appelle parfois 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, on extrait le bitume 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). Le rapport intitulé *A National Inventory of GHGs, CACs and H_2S Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry: 1990 to 2003* (rapport sur le bitume 2006) et préparé par Clearstone Engineering Ltée pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) inclut les émissions attribuables à l'extraction, au traitement et à la valorisation du bitume et du pétrole lourd.

Le rapport de 2006 sur le bitume (ACPP 2006) est la source des données utilisées pour le calcul des émissions fugitives provenant de l'extraction et du traitement des sables bitumineux pour la période 1990-2003.

À partir de 2004, on a estimé les émissions à l'aide du Bitumen-Oil Sands Extrapolation Model - 3e version, élaboré par Clearstone Engineering Ltd. pour Environnement Canada en 2007 (Environnement Canada, 2007) (ci-après appelé le modèle de bitume). Ce modèle utilise les résultats du rapport sur le bitume (ACPP 2006) ainsi que les données de production annuelle publiées par l'AEUB et l'ONE. On trouvera plus bas une brève description de la méthodologie, du modèle et des données utilisées. Pour plus de détails, on consultera le rapport de 2006 sur le bitume (ACPP, 2006).

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 produire de l'hydrogène pour la valorisation;
- le méthane 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 causée par le transport et la manutention des sables bitumineux;
- la formation de gaz biogène (surtout du méthane) dans certains 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 accidentelles;
- 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.

Le Tableau A3–7 présente les émissions regroupées par catégorie de sources et par zone d'opération.

Tableau A3–7 Sources et zones d'opérations utilisées dans le rapport sur le bitume (ACPP, 2006)

Catégorie de sources	Zone d'opération
Torchage	Toutes
Fugitives	Séparateur API (American Petroleum Institute) Fuites d'équipement Sables bitumineux exposés Bassins Autres Cuves de stockage
Évacuation des émissions de procédés	Désulfuration des gaz de combustion CO_2 provenant de gaz corrosifs Usine H_2 Sources ponctuelles autres que la combustion

Rapport sur le bitume : estimation des émissions pour la période 1990-2003

Le rapport de 2006 sur le bitume (ACPP, 2006) compile les inventaires de niveau 3 d'installations de l'industrie des SB/VPL : Syncrude Canada Ltd. (exploitation minière et installations d'extraction et de valorisation de Mildred Lake et exploitation minière et installation d'extraction Aurora North), Suncor Energy (exploitation minière et installations d'extraction et de valorisation); Husky Energy (installations de valorisation de Lloydminster); Consumers' Co-operative Refineries Limited (installations de valorisation de Regina); Albian Sands Energy (exploitation minière et installations d'extraction de la rivière Muskeg); Shell Canada Limited (installations de valorisation de Scotford). On y détermine les limites géographiques des installations de façon à prendre en compte toutes les émissions, y compris celles des usines de cogénération.

Dans la mesure du possible, le rapport sur le bitume se base sur les données d'émissions contenues dans les rapports des différentes installations. Ces données ont été comparées à celles des inventaires et aux données transmises au ministère de l'Environnement de l'Alberta. Sinon, on a estimé les émissions en se basant sur les données d'activité disponibles et sur les coefficients d'émission. On a estimé les émissions de deux façons. La première méthode, celle des coefficients d'émission, utilise les données d'activité et des coefficients d'émission normalisés. Dans les cas où les données d'activité n'étaient pas disponibles, on a utilisé la méthode de l'indice de coefficient d'émission. Pour plus de détails sur ces méthodes, on consultera le rapport sur le bitume (ACPP, 2006).

Les sources des données d'activité utilisées pour estimer les émissions sont les suivantes :

- renseignements sur les exploitants des installations;
- statistiques sur l'énergie publiées par l'Energy Resources Conservation Board (ERCB);
- 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);
- Inventaire national des rejets de polluants d'Environnement Canada (INRP);
- dossiers des évaluations d'environnementales réalisées lors de demandes récentes de développement énergétique dans l'industrie des SB/VPL;
- littérature.

Pour plus de détails, on consultera le rapport sur le bitume (ACPP 2006).

Modèle de bitume : à partir de 2004

Le modèle de bitume permet d'estimer les émissions de GES attribuable à la production de pétrole lourd par méthode thermique ainsi qu'à l'exploitation minière, à l'extraction et à la valorisation des sables bitumineux au Canada. Ce modèle, élaboré à partir des résultats du rapport sur le bitume (ACPP, 2006), de données d'activité publiques et de données sur les émissions provenant des différentes installations, permet d'estimer les émissions de la période commençant en 2004. Il permet d'obtenir le même niveau de désagrégation des émissions par catégories de sources que celui des inventaires.

En 2006, l'installation d'exploitation des sables bitumineux Fort Hills de Pétro-Canada a commencé à déclarer ses activités à l'ERCB. Elle n'a toujours déclaré aucun produit. En 2008, les installations d'extraction, de traitement et de valorisation des sables bitumineux de CNRL et les installations de valorisation d'OPTI-Nexen sont entrées en service. Les émissions des installations de CNRL ont été estimées à l'aide des divers coefficients d'émission applicables aux activités de Suncor, de Syncrude et d'Albian's Muskeg River; les émissions associées aux installations d'OPTI-Nexen ont été estimées au moyen des coefficients d'émission de l'installation de valorisation de Shell Scotford, exception faite du torchage du CO_2. Ces approximations sont problématiques car chaque installation présente des procédés et des taux d'émission différents. On le constate lorsqu'on compare les installations de valorisation de Nexen et de Scotford : l'installation de Nexen est la seule à employer une technologie de gazéification pour transformer des produits résiduaires (asphaltènes) en gaz de synthèse utilisé pour produire de la vapeur pour l'extraction *in situ* et de l'hydrogène pour la valorisation (ERCB, 2012b). Pour les émissions de CO_2 dues au torchage, le coefficient d'émission a été estimé à partir de données déclarées au Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre par OPTI-Nexen et de données publiques provenant d'ERCB. On a procédé ainsi parce que l'utilisation du coefficient d'émission de Scotford pour le torchage donnait des émissions par torchage excessivement surestimées. Ces approximations seront corrigées lorsqu'une nouvelle étude sur le bitume sera réalisée. Pour en savoir plus sur la méthodologie, on consultera le rapport sur le modèle de bitume (Environnement Canada, 2007).

En 2010, la mine de sables bitumineux de Shell Jackpine a commencé à faire rapport à l'ERCB. Ses émissions ont été estimées à l'aide des coefficients d'émission de l'exploitation de Muskeg River d'Albian Sands.

Méthodologie d'estimation

Le modèle de bitume permet d'estimer les émissions attribuables à l'industrie des SB/VPL à partir de 2004 en appliquant des coefficients d'émission spéciaux et des coefficients de calcul proportionnel dérivés des inventaires des installations (1990-2003) à des données d'activité publiques pour une année en particulier. On estime les émissions à l'aide de l'Équation A3–7 :

Équation A3–7:

$$ER_i = CE_i \times (A_1 + A_2)$$

où:

ER_i	=	émissions de la substance i
EF_i	=	coefficient d'émission de la substance i
A_1, A_2	=	données d'activité pertinentes au coefficient d'émission

Coefficients d'émission

On a élaboré des coefficients d'émission pour chacune des installations de SB/VPL de l'Alberta et de la Saskatchewan en mettant en corrélation les données les plus récentes (pour une période de trois ou quatre ans) du rapport sur le bitume (ACPP, 2006) sur les émissions de l'installation et les données disponibles sur la comptabilité de production du site. On trouvera les coefficients d'émission dans le rapport sur le modèle de bitume (Environnement Canada, 2007).

Données d'activité

Les données d'activité utilisées pour l'extrapolation des émissions proviennent de deux sources. Pour l'Alberta, elles sont tirées du document ST-39 : Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics, Monthly Supplement pour décembre 2011 (ERCB, 2012c). Pour la Saskatchewan, on utilise les données sur la quantité de pétrole lourd produit publiées dans les tableaux de l'Office national de l'énergie disponibles sous la rubrique « Production estimative de pétrole brut et d'équivalents au Canada de 2011 » (ONE, 2012). Les données sont inscrites au Tableau A3–8.

Tableau A3–8 Données d'activité utilisées pour le modèle de bitume

Données du rapport ST-43 de l'ERCB requises pour l'estimation des émissions de l'Alberta		
Exploitant	**Site**	**Paramètres**
Albian Sands	Rivière Muskeg	Production de bitume
		Sables bitumineux exploités
Petro-Canada UTS	Fort Hills	Production de bitume
		Sables bitumineux exploités
Shell	Valorisateur de Scotford	Gaz de procédé torché/perdu
		Production de brut synthétique
		Livraisons de brut synthétique
Shell	Jackpine	Production de bitume
		Sables bitumineux exploités
Suncor	Tar Island	Naphte dissolvant torché/perdu
		Naphte dissolvant retransformé
		Production de naphte dissolvant
		Soufre torché/perdu
		Brut synthétique en carburant/utilisé
		Production de brut synthétique
		Sables bitumineux exploités
Syncrude	Mildred Lake	Production de bitume
		Production d'hydrocarbures intermédiaires
		Sables bitumineux exploités
		Brut synthétique en carburant/utilisé
		Production de brut synthétique
	Aurora	Production de bitume
		Sables bitumineux exploités
		Brut synthétique en carburant/utilisé
CNRL	Horizon	Production de bitume
		Sables bitumineux exploités
		Production de brut synthétique
		Naphte dissolvant retransformé
		Production de naphte dissolvant
		Soufre torché/perdu
OPTI Canada Inc.	OPTI-Nexen (valorisation)	Production de brut synthétique
		Livraisons de brut synthétique
		Gaz de procédé torché/perdu
Williams Energy, Inc.	Tar Island - Williams Energy	Gaz de procédé torché/perdu
		Production de naphte dissolvant
Aux Sable Canada	Usine de dégazage Aux Sable Heartland	Gaz de procédé torché/perdu
Données requises de l'ONE pour l'estimation des émissions de la Saskatchewan		
Type de brut	**Sous-catégorie de brut**	**Province**
Brut lourd	SK CONV	Saskatchewan

A3.2. Méthodologie pour les procédés industriels

Le secteur des procédés industriels englobe les émissions de GES issues d'activités industrielles sans rapport avec l'énergie. Les activités dont il est question dans ce secteur sont la production et l'utilisation de produits minéraux, la production de produits chimiques, la production de métaux, la production et la consommation d'halocarbures et de SF_6 dans les installations électriques et les semi-conducteurs, ainsi que d'autres procédés industriels ou procédés indifférenciés. Chacune de ces activités peut être subdivisée en diverses catégories, par exemple, les émissions de CO_2 attribuables à la sidérurgie ou les émissions de SF_6 issues du moulage du magnésium, dont il a été question au chapitre 4. La présente section de l'annexe 3 décrit en détail les méthodes (équations particulières, données d'activité et coefficients d'émission) qui ont servi à estimer les émissions suivantes :

- les émissions de CO_2 attribuables à la production d'ammoniac;
- les émissions de CO_2 attribuables à d'autres procédés industriels ou à des procédés indifférenciés;
- les émissions de SF_6 provenant des équipements électriques.

A3.2.1. Émissions de CO_2 attribuables à la production d'ammoniac

A3.2.1.1. Méthodologie

On peut utiliser le gaz naturel comme source d'énergie pour effectuer le reformage du méthane à la vapeur, qui produit de l'hydrogène – essentiel au processus de production d'ammoniac Haber-Bosch. 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 CO_2. La catégorie de source 2.B.1 (Production d'ammoniac) ne tient compte que des émissions de CO_2 provenant de l'utilisation du gaz naturel comme matière première dans le processus de reformage du méthane à la vapeur. Les émissions de GES (CO_2, N_2O et CH_4) 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 propres à chaque usine sur l'utilisation du gaz naturel comme matière première et la production annuelle d'ammoniac ont été obtenues dans le cadre du processus de déclaration volontaire de données d'Environnement Canada (EC) de 2005 à 2009. Ces données ont ensuite été utilisées pour établir les coefficients (de conversion) ammoniac-matière première pour chaque usine. Étant donné que ces coefficients peuvent être utilisés pour révéler le rendement des usines, ils ne sont pas publiés et demeurent confidentiels. Les coefficients ammoniac-matière première n'ont pas pu être déterminés pour certaines usines, soit parce qu'elles n'étaient pas incluses dans la demande de déclaration volontaire d'EC, soit parce qu'elles n'ont pas répondu à la demande. Pour ces usines, on a utilisé les coefficients moyens, qui ont été fondés sur la moyenne des données connues. Le coefficient ammoniac-matière première moyen est de 671 m^3 de gaz naturel par tonne de NH_3 produite.

Pour chaque usine, les données sur la production annuelle d'ammoniac ont ensuite été multipliées par le coefficient ammoniac-matière première pour déterminer la quantité de gaz naturel utilisée. Puis, les utilisations de gaz naturel comme matière première pour chaque usine ont été regroupées selon la province canadienne où ces usines sont situées; voir l'Équation A3–8.

Équation A3–8:

$$\text{Utilisation du gaz naturel comme matière première}_p = \sum_{i=1}^{n} \text{production annuelle de } NH_{3_i} \times \text{coefficient de conversion ammoniac-combustible}_i$$

où :

i	=	usine de reformage du méthane à la vapeur
n	=	nombre total d'usines de reformage du méthane à la vapeur dans la province p
p	=	province canadienne contenant une ou plusieurs usines de reformage du méthane à la vapeur produisant de l'ammoniac

Les utilisations regroupées de gaz naturel comme matière première selon la province sont ensuite multipliées par la teneur en carbone du gaz naturel de chaque province

présentée au Tableau A8-1 pour déterminer la quantité totale de carbone utilisée. On s'attend à ce que la totalité du carbone présent dans la matière première soit transformée en CO_2 (GIEC, 2006). Les émissions de CO_2 issues des procédés utilisés pour la production d'ammoniac sont calculées d'après ces coefficients; voir l'Équation A3–9.

Équation A3–9:

$$CO_2 \text{ issu des procédés} = \sum_{p=1}^{m} \text{utilisation du gaz naturel comme matière première}_p \times \text{teneur en carbone}_p \times \frac{44}{12}$$

où :

p = province canadienne contenant une ou plusieurs usines de reformage du méthane à la vapeur produisant de l'ammoniac

m = nombre total de provinces contenant une ou plusieurs usines de reformage du méthane à la vapeur produisant de l'ammoniac

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 CO_2 issu des procédés (non associés à l'ammoniac). Veuillez consulter la section A3.3.2.2 sur les autres procédés et les procédés indifférenciés pour obtenir davantage de renseignements.

Les données annuelles sur la production d'ammoniac propre aux usines de 1990 à 2010 ont été issues des sources suivantes : les données de 1990 à 2004 ont été issues de l'étude de Cheminfo Services (2006); les données de 2005 à 2009 proviennent du processus de déclaration volontaire des données d'Environnement Canada; les données de 2008 à 2011 ont été issues des microdonnées contenues dans la publication *Produits chimiques industriels et résines synthétiques* de Statistique Canada (n° 46-002-X).

A3.2.2. Émissions de CO_2 attribuables à d'autres procédés industriels ou à des procédés indifférenciés

A3.2.2.1. Méthodologie

Les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation non énergétique des hydrocarbures sont déclarées dans la catégorie des autres procédés industriels et procédés indifférenciés, quand elles ne sont pas comprises dans une autre catégorie de l'inventaire. Ces émissions proviennent principalement des procédés de production pétrochimique, même s'il y a un certain nombre d'autres utilisations non énergétiques dans les secteurs de l'exploitation et du traitement des métaux non ferreux, de la sidérurgie et d'autres industries chimiques, par exemple la production de noir de carbone. Dans les industries de pétrochimie et de production de noir de carbone, on utilise des combustibles fossiles primaires et secondaires (gaz naturel et produits pétroliers) à des fins non énergétiques dans la fabrication de produits. Cette utilisation des combustibles fossiles peut impliquer la combustion d'une partie du contenu en hydrocarbures pour produire de la chaleur destinée à alimenter le procédé, par la combustion des gaz combustibles sous-produits, par exemple. Parmi les autres utilisations à des fins non énergétiques comprises dans d'autres catégories de l'inventaire figure l'utilisation du coke dans la production sidérurgique et des anodes de carbone dans le procédé de production d'aluminium pour transformer l'alumine en aluminium par réduction électrolytique. Les combustibles fossiles peuvent être groupés en trois types : gazeux, solides et liquides. Les estimations des émissions découlant de chaque type de combustible sont analysées séparément dans les sections qui suivent.

Combustibles gazeux

Le seul combustible gazeux pris en considération dans cette catégorie est le gaz naturel. Celui-ci peut être utilisé pour la production de méthanol et de noir de carbone thermique, mais une grande proportion est utilisée dans le processus de reformage du méthane à la vapeur pour la production d'ammoniac. Les émissions de CO_2 issues de la production d'ammoniac sont estimées et déclarées dans la catégorie de source 2.B.1 et expliquées à la section A3.2.1 ci-dessus. L'utilisation du gaz naturel comme matière première dans la production d'ammoniac est incluse

dans l'utilisation non énergétique globale du gaz naturel, comme l'indique Statistique Canada dans le *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC; Statistique Canada n° 57-003-XIB). Pour éviter le comptage en double, la quantité de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques par les producteurs d'ammoniac – estimées dans le calcul des émissions de CO_2 de la catégorie de source 2.B.1 « Production d'ammoniac » – est soustraite de l'utilisation globale de gaz naturel à des fins non énergétiques présentée dans le BDEEC. Cette méthode permet de déterminer la quantité restante (résiduelle) de gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques, ce qui représente l'utilisation faite par d'autres industries (sauf celle de l'ammoniac).

L'étude de Cheminfo Services (2005) a permis de déterminer le coefficient d'émission de CO_2 pour l'utilisation globale de gaz naturel à des fins non énergétiques. Dans le cadre de cette étude, on a utilisé les données approfondies sur la consommation de gaz naturel des secteurs des engrais, du méthanol et du noir de carbone pour déterminer un coefficient d'émission de 1 522 g CO_2/m^3 pour l'utilisation globale de gaz naturel à des fins non énergétiques.

Pour déterminer les émissions de CO_2 issues de l'utilisation non énergétique du gaz naturel – sauf en ce qui concerne la production d'ammoniac – les données d'utilisation du gaz naturel pour la production autre que l'ammoniac ont été utilisées afin d'établir un nouveau coefficient d'émission (résiduel) de 38 g CO_2/m^3 pour le gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques.

Les valeurs résiduelles pour l'utilisation non énergétique du gaz naturel sont ensuite multipliées par le nouveau coefficient d'émission pour les utilisations non énergétiques de façon à déterminer les émissions de CO_2 associées à l'utilisation résiduelle des combustibles gazeux à des fins non énergétiques. Ces émissions sont déterminées à l'échelle provinciale, car les données du BDEEC sont disponibles à cette échelle. Les émissions de CO_2 à l'échelle provinciale sont ensuite additionnées pour obtenir les estimations à l'échelle nationale. À noter que les émissions dues à l'utilisation du 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 de l'énergie de l›inventaire.

Combustibles solides

Les combustibles solides inclus dans la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés » utilisés à des fins non énergétiques sont les suivants :

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

Afin de déterminer, pour chacune des provinces, les émissions de CO_2 provenant de ces combustibles solides et du pétrole, on a appliqué les coefficients d'émission par combustible, par province et par année donnés aux Tableaux A8-5, A8-7 et A8-16 de l'annexe 8 pour le coke de pétrole, le charbon et le coke métallurgique, respectivement, aux quantités de consommation déclarées comme utilisées à des fins non énergétiques. L'estimation des émissions nationales concernant l'utilisation des combustibles solides à des fins non énergétiques est le total de l'ensemble des émissions provinciales-territoriales.

Les coefficients d'émission utilisés pour estimer les rejets de CO_2 dus à l'utilisation du charbon et des produits du charbon à des fins non énergétiques sont les mêmes que pour la combustion, parce que l'on présume que 99 % du carbone présent dans ces produits finira par s'oxyder et par être rejeté sous forme de CO_2.

Les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation d'électrodes dans l'industrie de l'aluminium sont incluses dans la catégorie de source 2.C.3 – 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. L'utilisation globale à des fins non énergétiques du coke de pétrole, présentée dans le BDEEC, inclut le coke de pétrole utilisé dans la fabrication d'électrodes pour l'industrie de l'aluminium. Pour éviter le comptage en double, les quantités de coke de pétrole utilisées à des fins non énergétiques sont soustraites des quantités globales de coke de pétrole utilisées à des fins non énergétiques présentées dans le BDEEC. Les quantités restantes (résiduelles) représentent l'utilisation de coke de pétrole à des fins non énergétiques par les autres industries (ce qui exclut les producteurs d'aluminium). Les émissions de CO_2 dues aux quantités résiduelles de coke de pétrole utilisées à des fins non énergétiques sont calculées au moyen du coefficient présenté au Tableau A8-5.

Les combustibles utilisés à des fins non énergétiques pour produire des électrodes destinées à être utilisées dans des fours électriques à arc (FEA) par l'industrie sidérurgique, pour lesquels les émissions ont été allouées à la catégorie 2.C.1, devraient être inclus dans les combustibles utilisés à des fins non énergétiques présentés dans le *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* de Statistique Canada (BDEEC; Statistique Canada n° 57-003). Par conséquent, et pour éviter tout comptage en double, les émissions de CO_2 résultant de l'utilisation d'électrodes dans des FEA ont été enlevées des estimations provinciales des émissions de CO_2 en ce qui concerne les combustibles solides utilisés à des fins non énergétiques.

Combustibles liquides

Outre les émissions provenant de l'utilisation des combustibles solides et gazeux mentionnées ci-dessus, les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation non énergétique des combustibles liquides, les principaux LGN, les charges d'alimentation pétrochimiques du raffinage du pétrole et les lubrifiants sont également incluses dans la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés ».

Pour estimer ces émissions dans chacune des provinces et chacun des territoires, on multiplie la quantité de chacun des combustibles utilisés à des fins non énergétique par son coefficient d'émission, comme le montrent les Tableau A3–9 et Tableau A3–10 pour les autres combustibles liquides. La somme des estimations provinciales et territoriales donne l'estimation des émissions nationales.

Il convient 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 de LGN à des fins non énergétiques, les coefficients qui tiennent compte des émissions susceptibles de survenir lorsque la totalité du carbone est oxydée sont donnés dans l'étude de McCann (2000). Les « Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre», de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997) fournissent une valeur par défaut pour la fraction du carbone stockée dans des produits quand du propane, du butane ou de l'éthane sont utilisés comme charge d'alimentation. On multiplie ensuite les coefficients d'émission potentiels de McCann (2000) par la fraction 0,8 de carbone stockée (1-GIEC) afin d'obtenir les coefficients d'émission des trois LGN utilisés à des fins non énergétiques, qui sont indiqués au Tableau A3–9.

L'utilisation à des fins non énergétiques des produits pétroliers provenant des raffineries (p. ex., charges d'alimentation pétrochimiques, naphte, lubrifiants,

Tableau A3–9 Coefficients d'émission de CO_2 pour les liquides de gaz naturel

	Fraction de carbone stockée dans les produits	Coefficients d'émission (g CO_2/L)	Sources
Propane	0,8	303	GIEC/OCDE/AIE (1997); McCann (2000)
Butane	0,8	349	GIEC/OCDE/AIE (1997); McCann (2000)
Éthane	0,8	197	GIEC/OCDE/AIE (1997); McCann (2000)

Tableau A3–10 Coefficients d'émission de CO_2 pour les produits pétroliers non énergétiques

Produits non énergétiques	Coefficient de carbone (g C/L)	Rapport entre le poids moléculaire du CO_2 et celui du carbone	Fraction de carbone stockée (valeur par défaut du GIEC)	Coefficient d'émission de CO_2 résultant (g CO_2/L)
	A	B	C	D = A × B × (1 – C)
Matières premières pétrochimiques	680	44/12	0,8	500
Naphtes	680	44/12	0,75	625
Graisses et huiles de lubrification	770	44/12	0,5	1 410
Pétrole utilisé pour d'autres produits	790	44/12	0,5	1 450

graisses et autres produits pétroliers) engendre également des émissions de CO_2 qui sont incluses dans la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés ». Leurs coefficients de carbone (masse de carbone émise par unité de carburant utilisé) proviennent de Jaques (1992). Ces coefficients sont ensuite multipliés par le rapport entre le poids moléculaire du CO_2 et celui du carbone, qui est de 44/12, et par (1 - fraction de carbone stockée) pour donner les coefficients d'émission de CO_2 utilisés pour estimer les émissions. Les valeurs par défaut de la fraction de carbone stockée sont également mentionnées dans les « Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre », de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les calculs utilisés pour obtenir les coefficients d'émission relatifs aux combustibles utilisés à des fins non énergétiques sont donnés dans le Tableau A3–10. Pour estimer les émissions aux échelons national, provincial et territorial, le volume du produit non énergétique utilisé est multiplié par son coefficient d'émission.

Les émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de combustibles gazeux, solides et liquides à des fins non énergétiques sont additionnées, pour chaque province et territoire, afin d'obtenir les estimations provinciales et territoriales des émissions de CO_2 pour la catégorie des autres procédés industriels et procédés indifférenciés. La somme des estimations provinciales et territoriales représente les estimations des émissions de CO_2 à l'échelle nationale, et seules ces estimations sont publiées afin de respecter les exigences de confidentialité associées aux données sur les combustibles utilisés à des fins non énergétiques.

A3.2.2.2. Sources de données

Le BDEEC (Statistique Canada n° 57-003) et les microdonnées contenues dans l'*Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie* (Statistique Canada, n° 57-505-XIE) sont les sources des données sur les activités relatives à la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés ». Le BDEEC expose les données par type de combustible ainsi que par secteur d'application (c'est-à-dire, l'utilisation à des fins énergétiques par opposition à des fins non énergétiques).

A3.2.3. Émissions de SF_6 des équipements électriques

A3.2.3.1. Méthode – Détermination de la méthode de quantification propre au pays

Pour quantifier les émissions de SF_6 (pour 2006-2010), l'industrie canadienne de l'électricité utilise une méthode déterminée à partir de l'équation de niveau 3 du GIEC sur le cycle de vie qui est présentée ci-dessous.

Équation A3–10:

$$\begin{aligned}
&\text{Émissions totales}\\
&= \sum \text{Émissions durant la fabrication des équipements}\\
&+ \sum \text{Émissions durant l'installation des équipements}\\
&+ \sum \text{Émissions durant l'utilisation des équipements}\\
&+ \sum \text{Émissions durant la désaffectation des équipements ou durant les pannes}\\
&+ \sum \text{Émissions provenant du recyclage et de la destrution du } SF_6
\end{aligned}$$

Les sections ci-dessous expliquent en détail comment la méthode de quantification propre au pays est obtenue à partir de l'Équation A3–10.

A3.2.3.1.1. Émissions durant la fabrication des équipements

Étant donné que les services canadiens d'électricité ne fabriquent pas leur équipement de transmission et de distribution, ils ne sont pas responsables du SF_6 libéré durant l'étape de la fabrication. De fait, d'après certains services, l'équipement électrique acheté par l'industrie canadienne de l'électricité est fabriqué aux États-Unis, en Europe ou en Asie, et les émissions attribuables à la fabrication surviendraient donc principalement à l'extérieur du Canada. Par conséquent, on suppose que les émissions durant la fabrication des équipements (c.-à-.d. le premier terme de l'Équation A3–10) ne s'appliquent pas à l'industrie de l'électricité.

A3.2.3.1.2. Émissions durant l'installation de l'équipement

Au moment de sa livraison aux services, l'équipement contenant du SF_6 est chargé d'une certaine quantité de SF_6, puis il est chargé à sa pleine capacité une fois rendu à l'installation. Au sein de l'industrie canadienne

de l'électricité, les émissions potentielles de SF_6 durant l'installation de l'équipement sont considérées comme étant extrêmement rares. 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.

A3.2.3.1.3. Émissions durant l'utilisation des équipements

La principale source d'émissions de SF_6 est due à l'accumulation de faibles émissions durant le fonctionnement normal de l'équipement. Il est possible que des émissions de gaz surviennent au cours des opérations de manipulation et de transfert du gaz, mais de telles émissions seraient considérablement plus faibles que les émissions survenant durant l'utilisation normale de l'équipement.

En raison des fuites de SF_6 qui se produisent au cours des situations mentionnées ci-dessus, les services doivent remplir à pleine capacité leurs équipements afin que ceux-ci soient correctement chargés et opérationnels. En remplissant les équipements à pleine capacité avec du SF_6, les services sont en mesure de remplacer la quantité de gaz qui s'est échappé.

A3.2.3.1.4. Émissions durant la désaffectation des équipements et durant les pannes

Lors de la désaffectation, le SF_6 contenu dans les équipements mis hors service doit être récupéré avant leur élimination. Étant donné que des émissions de SF_6 peuvent survenir en fonction de la façon dont le gaz est transféré à l'extérieur de l'équipement durant sa récupération, la désaffectation d'équipements mis hors service devient une source potentielle d'émissions de SF_6.

Quand des pannes d'équipements catastrophiques surviennent, une quantité importante de SF_6 est libérée de l'équipement. Donc, les dommages touchant les équipements représentent une source potentielle d'émission.

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.

A3.2.3.1.5. Émissions provenant du recyclage du SF_6

Quand du SF_6 est récupéré d'un équipement, il est filtré dans une bouteille à gaz ou un autre équipement filtrant pour en retirer l'humidité et les impuretés avant de le réutiliser. Quand du SF_6 a été contaminé par de l'air ou des impuretés et que sa pureté est inférieure à un certain niveau (le niveau acceptable varie entre 95 et 99 %, selon les pratiques du service), il ne peut pas être réutilisé et est donc expédié aux États-Unis en vue d'être purifié à l'extérieur du site. Aucune installation au Canada n'effectue la purification du SF_6. Une des méthodes employées pour le purifier consiste à utiliser un procédé cryogénique pour séparer et retirer l'air/azote du SF_6. La purification du SF_6 n'entraîne aucune émission de SF_6. Donc, les émissions provenant du recyclage du SF_6 sont éliminées du calcul des émissions totales.

Compte tenu du raisonnement précédent, l'industrie canadienne de l'électricité utilisera l'approche modifiée de niveau 3 du GIEC (propre au Canada) pour estimer les émissions de SF_6. L'Équation A3–10 est simplifiée de manière à inclure seulement les émissions provenant de l'utilisation et de la désaffectation de l'équipement, comme le démontre l'Équation A3–11.

Équation A3–11:

$$\begin{aligned} &\textit{Total des émissions de } SF_6 \textit{ des services publics} \\ &= \sum \textit{Émissions durant l'utilisation des équipements} \\ &+ \sum \textit{Émissions durant la désaffectation des équipements ou durant les pannes} \end{aligned}$$

A3.2.3.2. 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 opérations 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 à pleine capacité leurs équipements de manière à remplacer la quantité de gaz qui s'est échappée. Cette quantité s'appelle le « plein ».

Des fuites de SF_6 surviennent aussi durant les activités d'entretien et de réparation. Quand un équipement doit être réparé ou envoyé aux fins d'entretien, le SF_6 est récupéré dans l'équipement; ensuite, le SF_6 récupéré est rechargé dans ce même équipement. Une quantité additionnelle de gaz sera requise pour remplir l'équipement, car une certaine quantité de gaz peut s'être échappée lors des opérations normales et durant le transfert du gaz récupéré entre l'équipement et les bouteilles à gaz (ou cylindres de stockage) puis de nouveau vers l'équipement. La quantité additionnelle de SF_6 est celle requise pour remplir l'équipement à pleine capacité.

Donc, une estimation exacte de la quantité de SF_6 consiste à calculer la quantité utilisée par les services publics pour remplir à pleine capacité leurs équipements durant la phase d'utilisation des équipements, tel qu'indiqué à l'Équation A3–12.

Équation A3–12:

$$\sum \text{Émissions durant l'utilisationdes équipements} = \sum SF_6 \text{utilisé pour faire le plein}$$

A3.2.3.2.1. Options pour surveiller la quantité de SF_6 utilisé pour faire le plein

D'après l'Équation A3–12, les services sont en mesure d'estimer les émissions de SF_6 découlant de l'utilisation des équipements en mesurant la quantité de SF_6 nécessaire pour remplir à pleine capacité les équipements. Vous trouverez ci-dessous des options permettant aux services publics d'électricité canadiens d'effectuer un suivi de la quantité de SF_6 nécessaire pour faire le plein, et ce, de manière à quantifier les émissions de SF_6 au cours de la phase d'utilisation de l'équipement. Ces options sont énumérées en ordre décroissant, de la plus précise à la moins précise. La méthode la plus précise nécessite la mesure directe de la quantité de gaz transférée en faisant le plein, tandis que les méthodes moins précises sont basées sur l'utilisation de registres d'inventaire ou de reçus d'achat pour obtenir une estimation. Il incombera à chaque service public de choisir la méthode qu'il utilisera.

Pour toutes les options de suivi abordées ci-dessous, on suppose que les quantités de SF_6 mesurées ne comprennent pas le gaz utilisé pour pressuriser le nouvel appareillage de connexion à sa pleine 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 A3.2.3.1.2 – Émissions durant l'installation de l'équipement).

Option 1 : Appareils de mesure du débit massique

L'utilisation d'appareils de mesure du débit massique représente la méthode la plus précise pour mesurer la quantité de SF_6 consommé en faisant le plein. La somme de toutes les quantités mesurées durant ce remplissage sera utilisée pour déterminer les émissions durant l'utilisation de l'équipement.

Option 2 : Balances

Les services publics peuvent choisir de peser leurs bouteilles de SF_6 pour déterminer la quantité de SF_6 consommé en faisant le plein. Les bouteilles peuvent être pesées chaque fois qu'un équipement est ainsi rempli ou en se basant sur l'inventaire. Lorsqu'ils utilisent cette méthode, les services publics doivent s'assurer que la précision de la balance est compatible avec le poids des cylindres 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 2a : Peser les bouteilles avant de faire le plein et après l'avoir fait

Selon cette approche, un service public pèse chaque bouteille avant de faire le plein et après l'avoir fait. La différence de poids représente alors la quantité utilisée pour en faire le plein. Cette procédure peut être représentée par l'Équation A3–13 ci-dessous.

Équation A3–13:

$$SF_6 \text{ utilisé pour remplir l'équipement à pleine capacité} = \sum \begin{pmatrix} \text{poids des bouteilles individuelles de } SF_6 \text{ avant de faire le plein} \\ \text{- poids des bouteilles individuelles de } SF_6 \text{ après avoir fait le plein} \end{pmatrix}$$

Option 2b : Peser les bouteilles de SF_6 en inventaire

Avec cette approche, les services publics pèsent, au début et à la fin de l'année, toutes les bouteilles de SF_6 qu'ils ont en inventaire. Ils doivent aussi tenir compte de tout achat

ou des ajouts à l'inventaire, du poids des bouteilles de SF_6 retournées aux fournisseurs et de la quantité de SF_6 envoyée à l'extérieur du site à des fins de recyclage ou de destruction au cours de l'année. Cette méthode peut être représentée par l'Équation A3–14.

Équation A3–14:

$$\begin{aligned} SF_6 \text{ utilisé pour faire le plein} = & \\ & \text{Poids des bouteilles de } SF_6 \text{ en inventaire au début de l'année} \\ & - \text{Poids des bouteilles de } SF_6 \text{ en inventaire à la fin de l'année} \\ & + \text{Poids des bouteilles de } SF_6 \text{ achetées/acquises} \\ & - \text{Poids des bouteilles de } SF_6 \text{ retournées aux fournisseurs} \\ & - \text{Poids des bouteilles de } SF_6 \text{ expédiées à l'extérieur du site aux fins de recyclage ou de destruction} \end{aligned}$$

Option 3 : Dénombrement des bouteilles

En l'absence d'appareils de mesure du débit massique 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 savoir le nombre de bouteilles de SF_6 pleines achetées et leur poids. La masse de SF_6 consommé peut généralement être calculée de deux façons :

- En obtenant le nombre de bouteilles achetées au cours d'une année à partir des registres d'achats et en le multipliant par le poids du SF_6 dans une bouteille
- En effectuant un suivi du nombre de bouteilles entrant dans l'inventaire et sortant de celui-ci durant l'année de déclaration, puis en multipliant ce nombre par le poids du SF_6 dans une bouteille.

Le poids du SF_6 contenu dans les différents types de bouteilles doit être connu. Par conséquent, les services publics peuvent tout simplement obtenir le poids du SF_6 consommé pour faire le plein en comptant les bouteilles. Si plus d'un type de bouteille est utilisé, les services publics doivent s'assurer que le nombre de bouteilles de chaque type est multiplié par le poids de la bouteille de chaque type. Les totaux obtenus pour chaque type de bouteille sont ensuite additionnés, ce qui donne l'utilisation totale de SF_6. Les sous-sections suivantes présentent ces deux options de façon plus précise.

Option 3a : Dénombrement des bouteilles achetées au cours d'une année

Selon cette approche, la quantité de SF_6 consommé pour faire le plein est basée sur les registres d'achats ou d'inventaire de chaque service public ou installation. À partir des registres d'achats, les services publics peuvent obtenir le nombre de bouteilles achetées. On suppose que le SF_6 acheté et gardé en inventaire sera tôt ou tard utilisé pour remplacer la quantité de SF_6 émis par l'équipement actuel.

Si l'on se fie aux registres d'inventaire ou d'achats, il est important de tenir compte de la quantité de gaz résiduel qui reste dans les bouteilles après leur utilisation pour faire le plein. D'après l'information fournie par deux importants distributeurs de SF_6, il reste environ 12 % de gaz dans les bouteilles après leur utilisation. Cette quantité doit être soustraite de la quantité totale de SF_6 indiquée dans les registres d'inventaire. L'Équation A3–15 présente cette méthode de suivi du SF_6 basée sur les registres centraux d'achats et d'inventaire.

Équation A3–15:

$$SF_6 \text{ utilisé pour faire le plein} = \sum_{i=1}^{n} \left[\begin{array}{c} \text{nombre de bouteilles } i \text{ achetées et mises en inventaire} \\ * \text{ poids du } SF_6 \text{ dans une bouteille } i * (1 - y) \end{array} \right]$$

où :

i	=	Différents types de bouteilles
y	=	% de gaz restant dans les bouteilles retournées aux fournisseurs *(Note : les services publics peuvent choisir de peser directement le gaz résiduel dans les bouteilles et de calculer le gaz résiduel en % comme étant y, ou ils peuvent utiliser la valeur par défaut de y, soit 12 %.)*

Option 3b : Suivi du nombre de bouteilles en inventaire tout au long de l'année

Cette approche est semblable à la méthode utilisée à l'option 2b : « peser les bouteilles de SF_6 en l'inventaire », sauf que les services publics ont seulement besoin de compter le nombre de bouteilles achetées et mises en inventaire au début de l'année et à la fin de l'année plutôt que de devoir peser directement ces bouteilles tout au long de l'année. Le nombre de bouteilles est alors multiplié par le poids connu des bouteilles de SF_6.

Étant donné que les services publics ne pèsent pas leurs bouteilles, il est nécessaire d'établir une estimation de la quantité de gaz résiduel restant dans les bouteilles quand celles-ci sont retournées aux fournisseurs. Les services publics peuvent choisir de peser cette quantité ou d'utiliser la valeur suggérée de 12 % (explications ci-dessus). Cette méthode est représentée par l'Équation A3–16.

Équation A3–16:

$$SF_6\ utilisé\ pour\ faire\ le\ plein = \sum_{i=1}^{n}\left[B_i\ au\ début\ de\ l'année + B_i\ achetées - B_i\ à\ la\ fin\ de\ l'année * poids\ du\ SF_6\ dans\ une\ bouteille\ i * (1-y)\right] - sortie$$

où :

i	=	Différents types de bouteilles
Bi	=	Nombre de bouteilles de type i
y	=	% de gaz restant dans les bouteilles retournées aux fournisseurs *(Note : les services publics peuvent choisir de peser directement le gaz résiduel dans les bouteilles et de calculer le gaz résiduel en % comme étant y, ou ils peuvent utiliser la valeur par défaut de y, soit 12 %.)*
sortie	=	Quantité (en unités de poids) de SF6 expédié à l'extérieur aux fins de recyclage ou de destruction

A3.2.3.3. Méthode – Quantification des émissions dues à l'élimination de l'équipement et aux pannes

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

Au cours de la désaffectation d'équipements mis hors service, des pertes de SF_6 surviennent quand le gaz est récupéré à partir de l'équipement mis hors service. Les émissions peuvent être estimées en calculant la différence entre la capacité nominale de l'équipement et la quantité récupérée de SF_6.

Équation A3–17:

$$Émissions\ durant\ la\ désaffectation\ de\ l'équipement = Capacité\ nominale\ de\ l'équipement\ mis\ hors\ service - Quantité\ de\ SF_6\ récupéré\ dans\ l'équipement\ mis\ hors\ service$$

La valeur de la capacité nominale (en unités de masse) peut être obtenue à partir des spécifications de l'équipement fournies par le fabricant de l'équipement ou à partir d'estimations d'ingénierie éprouvées. La quantité de SF_6 récupéré est pesée.

Quand des pannes ou des bris d'équipement surviennent et que leur importance rend impossible la réparation de l'équipement, la capacité nominale de l'équipement peut offrir une estimation raisonnable des émissions découlant des bris ou des pannes d'équipement (voir l'Équation A3–18).

Équation A3–18:

$$Émissions\ provenant\ d'un\ équipement\ endommageé = Capacité\ nominale\ de\ l'équipement\ endommageé$$

L'information présentée dans cette section (A3.2.3) est un extrait du Protocole d'estimation des émissions de SF_6 pour les services d'électricité (Environnement Canada et Association canadienne de l'électricité, 2008), qui est disponible à l'adresse suivante : http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=5926D759-36A6-467C-AE05-077C5E6C12A2. Pour obtenir plus 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 la Division des gaz à effet de serre, la documentation et l'archivage, les nouveaux renseignements et les données mises à jour, ainsi que sur l'examen du protocole et les modifications du protocole, veuillez consulter le protocole.

A3.2.3.4. Sources de données

Les estimations des émissions de SF_6 par province pour 2006–2011 ont été fournies par l'Association canadienne de l'électricité (ACE) – qui représente des entreprises du domaine de l'électricité provenant de partout au Canada, sauf du Québec – et Hydro-Québec (HQ).

A3.3. Méthodologie pour le secteur agricole

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

- les émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique;
- les émissions de CH_4 et de 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).

La section A3.3.1 présente les sources des données sur les populations animales nécessaires aux calculs des émissions agricoles de CH_4 et de N_2O. Les populations de bovins sont ensuite caractérisées à la section A3.3.2. Les méthodes utilisées pour calculer les émissions de GES agricoles sont décrites aux sections A3.3.3 à A3.3.6. 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, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) (voir annexe 3.4).

A3.3.1. Sources de données sur les populations animales

Tableau A3–11 Catégories d'animaux et sources de données sur les populations

Catégories	Sources/notes
Bovins	Statistique Canada. Tableau 003-0032 – Nombre de bovins, selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel (tête × 1 000), base de données CANSIM. http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a05?id=0030032&searchTypeByValue=1&pattern=0030032&p2=35&retrLang=fra&lang=fra (consulté le 16 juillet 2012). http://www.statcan.gc.ca/pub/23-012-x/23-012-x2011001-fra.pdf (consulté le 1er septembre 2011).
— 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 alpacas	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). Recensement 2011 : Statistique Canada. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011 (base de données). http://www29.statcan.gc.ca/ceag-web/fra/data-type-selection-type-donnees?geoId=0 — interpolation linéaire entre les années de recensement.
Mules et ânes	Données non compilées par Statistique Canada.
Moutons et agneaux	Statistique Canada. Tableau 003-0031 – Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel (tête × 1 000), base de données CANSIM. http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a05?id=0030031&searchTypeByValue=1&pattern=0030031&p2=35&retrLang=fra&lang=fra (consulté le 16 juillet 2012).
Porcs	Statistique Canada. Tableau 003-0004 – Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimestre, trimestriel (tête × 1 000), base de données CANSIM. http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=0030004&p2=35&p1=-1&tabMode=dataTable&retrLang=fra&srchLan=-1&lang=fra (consulté le 16 juillet 2012).
	Sous-catégories : Verrats, truies, adultes de moins de 20 kg, de 20 à 60 kg et de plus de 60 kg.
Volaille	Tableau de données sur les exploitations et les exploitants agricoles (section 6.5, numéro de publication 95-629 de Statistique Canada [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 publication 95-632 de Statistique Canada [Statistique Canada, 2007b]). Recensement 2011 : Statistique Canada. Tableau 95-640-XWE – 2011 Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011 (base de données). http://www29.statcan.gc.ca/ceag-web/fra/data-type-selection-type-donnees?geoId=0 (consulté le 20 décembre 2012). —interpolation linéaire entre les années de recensement.

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 catégories ou sous-catégories ont été obtenues pour chaque province auprès de Statistique Canada (voir le Tableau A3–11).

Les estimations annuelles des populations de bovins, de moutons et de porcs sont présentées comme la moyenne simple des relevés semestriels ou trimestriels. Les relevés sont corrigés par Statistique Canada selon le Recensement de l'agriculture, qui est réalisé tous les cinq ans. Les données sur les populations de chevaux, de chèvres, de bisons[5], de lamas, d'alpacas et de volailles sont tirées uniquement du *Recensement de l'agriculture*. Les estimations annuelles des populations sont élaborées par interpolation linéaire afin d'éviter de trop grandes variations pour les années de recensement. Comme il n'y a pas eu de recensement des bisons en 1986, on a utilisé pour 1990 la population établie en 1991.

A3.3.2. Caractérisation des bovins

Pour les bovins laitiers et les bovins de boucherie, on a privilégié l'analyse de niveau 2 du GIEC (GIEC, 2000) afin d'estimer les coefficients d'émission de CH_4 provenant de la fermentation entérique et de la gestion des fumiers. Les données sur les sous-catégories de populations de bovins provinciales, recueillies par Statistique Canada, ont été divisées en étapes de production de moins d'un an afin d'isoler et de quantifier l'effet de pratiques de production précises sur l'apport énergétique brut et, comme conséquence, sur l'émission de CH_4. Les données décrivant le milieu de production et le rendement connexe des espèces animales ont été recueillies dans le cadre de plusieurs enquêtes sur les méthodes de production et de gestion publiées dans des revues scientifiques, d'une enquête sur les pratiques de production de vaches laitières et de bovins de boucherie effectuée auprès de spécialistes régionaux et provinciaux dans tout le pays et en consultant des chercheurs des milieux universitaires et du gouvernement fédéral, des associations provinciales et nationales et des organismes provinciaux et régionaux de contrôle du rendement (Boadi et al., 2004b).

Ces données ont été utilisées pour créer un modèle 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 distincts, 29 étapes pour les bovins non laitiers et 9 étapes pour les bovins laitiers, observés dans toutes les provinces du pays (Tableau A3–12). Le modèle permet de caractériser les bovins selon l'état physiologique, le régime alimentaire, l'âge, le sexe, le poids, le taux de croissance, le niveau d'activité et le milieu de production.

Les pratiques d'alimentation des bovins laitiers et de boucherie sont examinées en détail dans la section suivante.

A3.3.2.1. Bovins laitiers

Méthodes d'élevage et rendement

Les méthodes de production 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. 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.

Le Tableau A3–13 présente un exemple de données sur le rendement de la production recueillies pour les bovins laitiers canadiens, qui étaient d'abord utilisées pour vérifier l'assurance de la qualité (AQ) des données intégrées dans le modèle de niveau 2.

On suppose actuellement que toutes les caractéristiques de production du troupeau laitier canadien sont demeurées constantes pendant la période 1990-2011, y compris le poids vif des vaches laitières, étant donné que les données sur les bovins Holstein de l'Ontario n'indiquent pas une augmentation du poids au cours de cette période. On choisit donc d'utiliser la valeur correspondant à 2001 estimée par Boadi *et al.* (2004b) pour le poids vif des vaches et des génisses laitières.

Données sur la production laitière et la matière grasse du lait

La productivité laitière a augmenté dans toutes les provinces canadiennes (Tableau A3–14) comme il a été documenté par les CanWest Dairy Herd Improvement Services (DHI), représentant plus du 2/3 de la population de vaches laitières au Canada pour la période 1999-2010. Ces

5 La catégorie d'animaux « bisons » du GIEC est utilisée. Toutefois, au Canada, elle renvoie au bison d'Amérique (*Bison bison*) dont l'élevage est destiné à la boucherie.

Tableau A3–12 Modèle des étapes de production bovine

Sous-catégorie	Milieu de production	Période de l'année[1]	Province
Vaches de boucherie	En gestation, confinées	Janv.-avr./oct.-déc.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Vaches de boucherie	En lactation, pâturage	Mai-oct.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Vaches de boucherie	En gestation, confinées	Févr.-mars	Man.
Vaches de boucherie	En lactation, pâturage	Janv./mars-déc.	Man.
Taureaux reproducteurs	Adultes, confinés	Janv.-avr./nov.-déc.	Î.-P.-É./N.-É./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Taureaux reproducteurs	Adultes, pâturage	Mai-oct.	Î.-P.-É./N.-É./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Taureaux reproducteurs	Jeunes, confinés	Mars-avr.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Taureaux reproducteurs	Jeunes, pâturage	Mai-oct.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Taureaux reproducteurs	Jeunes, confinés	Nov.-déc./Janv.-févr.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	De la naissance au pâturage	Mars	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	Pâturage	Avr.-sept.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	Génisses nécessaires à la relève	Oct.-déc./Janv.-mars	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	Génisses semi-finies	Oct.-déc./Janv.-mars	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	Bouvillons semi-finis	Oct.-déc./Janv.-mars	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	Génisses prêtes pour l'abattage	Oct.-déc./Janv.-mars	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Veaux de boucherie	Bouvillons prêts pour l'abattage	Oct.-déc./Janv.-mars	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses nécessaires à la relève	Jeunes, non gravides	Avr.-mai	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses nécessaires à la relève	En début de gestation	Juin-sept.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses nécessaires à la relève	En fin de gestation	Oct.-déc./Janv.-mars	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses prêtes pour l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	Avr.-juin	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Bouvillons prêts pour l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement	Avr.-juin	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses prêtes pour l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement, long engraissement	Avr.-juill.	N.-É./Ont./Man.
Bouvillons prêts pour l'abattage	Parc d'engraissement, court engraissement, long engraissement	Avr.-juill.	N.-É./Ont./Man.
Génisses semi-finies	Confinées	Mars-mai	T.-N.-L./N.-É./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Bouvillons semi-finis	Confinés	Mars-mai	T.-N.-L./N.-É./Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses semi-finies	Pâturage	Juin-sept.	T.-N.-L./N.-É./Ont./Man./Alb./C.B.
Bouvillons semi-finis	Pâturage	Juin-sept.	T.-N.-L./N.-É./Ont./Man./Alb./C.B.
Génisses prêtes pour l'abattage	Parc d'engraissement, long engraissement	Oct.-déc.	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Bouvillons prêts pour l'abattage	Parc d'engraissement, long engraissement	Oct.-déc.	Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Vaches laitières	En lactation, confinées	var[2]	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Vaches laitières	En lactation, pâturage	var	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.B.
Vaches laitières	En lactation, confinées (après pâturage)	var	Î.-P.-É.
Vaches laitières	Aliment sec de faible qualité	var	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./C.B.
Vaches laitières	Aliment sec de grande qualité	var	Man./Sask./Alb./C.B.
Vaches laitières	Aliment sec, pâturage	var	T.-N.-L./Ont.
Génisses laitières	Confinées (243 jours par année)	Janv.-avr./oct.-déc.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.-É./N.B./Qc/Ont./Man./Sask./Alb./C.B.
Génisses laitières	Pâturage	Mai-oct.	T.-N.-L./Î.-P.-É./N.B./Ont./Sask.
Génisses laitières	Confinées (365 jours par année)	Janv.-déc.	N.B./Ont./Sask.

Notes :
1. La période réelle de l'année peut varier légèrement d'une province à l'autre.
2. Variable selon l'exploitation agricole, la province et les cycles des animaux.

Tableau A3–13 Caractéristiques de la production laitière au Canada en 2001[1]

Catégorie d'animaux/ paramètres	Caractéristiques de la production[2]	Sources[3]
Vaches laitières		
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)	0,7 (0,3)	
Production de veaux de l'année[4] (%)	93 (6)	
Génisses nécessaires à la relève		
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)	0,77 (0,14)	
Taux de relève (%)	32,3 (3,2)	Western Canadian Dairy Herd Improvement Services (2002)

Notes :
1. 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.
2. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.
3. Les valeurs sans références sont tirées de consultations d'experts (voir Boadi et al., 2004b).
4. La « production de veaux de l'année » correspond au pourcentage de vaches ayant survécu à la saison hivernale et ayant produit un veau.

Tableau A3–14 Production laitière moyenne de 1990 à 2011 à l'échelon provincial

	Production laitière moyenne (kg/vache/jour)[1]									
Année	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qc	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.
1990	21,0	20,9	21,0	20,8	20,3	21,7	22,1	22,2	23,2	24,3
1991	21,3	21,2	21,3	21,1	20,6	21,7	22,4	22,5	23,6	24,7
1992	22,1	22,0	22,1	21,9	21,5	22,6	23,3	23,4	24,5	25,6
1993	22,6	22,5	22,6	22,5	21,7	23,2	23,8	23,9	25,1	26,2
1994	23,5	23,4	23,5	23,3	22,4	23,6	24,8	24,8	26,0	27,3
1995	23,1	23,1	23,2	23,0	22,2	24,0	24,2	24,2	25,5	26,8
1996	23,7	23,6	23,7	23,5	23,0	24,7	25,2	25,4	26,5	27,5
1997	24,0	24,0	24,1	23,9	23,2	24,8	25,4	25,8	26,7	27,2
1998	24,4	24,4	24,5	24,3	24,1	25,3	25,7	26,6	27,3	27,9
1999	25,6	25,5	26,4	26,1	25,1	26,4	26,0	26,4	27,1	28,8
2000	27,4	26,1	26,8	26,4	25,5	26,5	27,9	27,7	29,0	30,0
2001	28,3	26,4	27,1	27,2	25,7	26,3	28,0	28,1	29,4	30,4
2002	28,2	26,4	26,9	27,2	26,2	26,7	28,3	29,4	30,4	31,2
2003	28,7	26,2	26,9	26,4	26,0	26,5	28,3	29,1	29,8	31,1
2004	26,1	26,3	26,8	26,3	26,1	26,1	28,1	29,1	29,2	30,7
2005	27,0	27,1	26,9	26,4	25,9	26,7	27,4	29,3	29,3	30,4
2006	27,3	27,3	26,8	26,4	26,3	27,3	27,7	29,3	29,7	30,5
2007	26,5	26,4	26,5	26,7	26,6	27,4	27,9	29,7	29,8	30,5
2008	26,7	26,9	26,9	26,4	26,7	27,3	28,1	29,8	29,8	30,2
2009	26,6	26,7	27,3	26,3	26,6	27,3	28,6	30,7	30,3	30,2
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

1. Source des données : VALACTA Dairy Services/CanWest DHI.

données constituent la meilleure estimation de la production laitière réelle par vache 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 Agriculture Canada. 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 réelle pour l'ensemble du troupeau canadien de 1990 à 1998 a été établie en fonction du rapport moyen entre les données publiables et les données de gestion de 1999 à 2007. Le coefficient d'émission calculé pour les vaches laitières reflète la tendance à la hausse de la production laitière.

Durée du séjour en milieu d'élevage

Il a été présumé que les vaches taries durant les mois d'été étaient au pâturage, et que les vaches taries durant le reste de l'année étaient confinées. De plus, on a présumé que les génisses nécessaires à la relève vêlaient à 24 mois.

Pourcentage de vaches en gestation

On a estimé le pourcentage de vaches en gestation dans le troupeau à tout moment d'après des informations fournies par Boadi *et al.* (2004b) et à l'aide de la formule suivante :

$$\begin{aligned} &\textit{Pourcentage de vaches en gestation} \\ &\quad = \left(\frac{\textit{durée de la gestation}}{\textit{intervalled de parturition}} \times 100\right) \\ &\quad - \textit{Pourcentage de vaches improductives éliminées du troupeau} \end{aligned}$$

Énergie digestible par ration

Les valeurs de l'énergie digestible (ED) du fourrage déterminées par Christensen *et al.* (1977) pour le fourrage récolté dans les Prairies ont été utilisées pour estimer l'ED par ration pour l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba. Pour la Colombie-Britannique et les provinces de l'Est, on s'est servi des données du National Research Council des États-Unis (NRC, 2001). On a présumé que les rations alimentaires mixtes destinées au bétail se composaient principalement de fourrage et de céréales, parce qu'on avait peu de renseignements sur les autres ingrédients nutritifs. Dans l'ensemble, l'ED variait de 60 à 70 %, selon les rations et les régimes alimentaires. Il a été présumé aussi que les vaches en lactation alimentées au pâturage étaient nourries également de céréales et, par conséquent, que les valeurs de l'ED étaient semblables à celles des rations administrées aux troupeaux en claustration (Boadi *et al.,* 2004b).

A3.3.2.2. 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.* (2004) 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 A3–15 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 au modèle de niveau 2.

On utilise les tendances affichées par le poids des carcasses à titre d'indicateurs de variation du poids à l'âge adulte en les comparant aux valeurs de référence établies pour l'année 2001 par Boadi *et al.* (2004b) pour les sous-catégories d'animaux précises présentées dans le Tableau A3–16. Les données sur le poids des carcasses sont recueillies par l'Agence canadienne de classement du bœuf (ACCB) et publiées par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC, 1990 à 2011). 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 (voir la Figure A3–1). Depuis 2003, le poids des carcasses est resté plus ou moins inchangé.

En 2003, l'industrie canadienne de la viande de boucherie a été frappée par une épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) 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. Toutefois, depuis 2009, le poids d'abattage des taureaux est de nouveau utilisé dans la série chronologique.

Durée du séjour en milieu d'élevage

On a également présumé que les génisses de relève et âgées de plus de 15 mois étaient soit fécondées, soit en gestation. Tous les animaux de remplacement (taureaux reproducteurs, jeunes et génisses de relève de plus de 12 mois) sont considérés comme entrant dans le troupeau de reproduction (taureaux reproducteurs en pleine

Tableau A3–15 Caractéristiques de la production bovine au Canada en 2001[1]

Catégorie d'animaux/paramètres	Caractéristiques de la production[2]	Sources[3]
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)	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 nécessaires à la relève		
Poids moyen (kg)	478 (34)	
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg/jour)	0,64 (0,14)	
Taux de relève (%)	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)	1,0 (0,17)	
Veaux (y compris les veaux de race laitière)		
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)		
- Génisses nécessaires à la relève	0,67 (0,13)	Kopp et al. (2004)
- Bovins semi-finis	0,98 (0,17)	
- Bovins de finition	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)	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)	1,37 (0,12)	

Notes :
1. 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.
2. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.
3. Les valeurs sans référence ont été obtenues auprès d'experts et compilées par Boadi et al. (2004b).

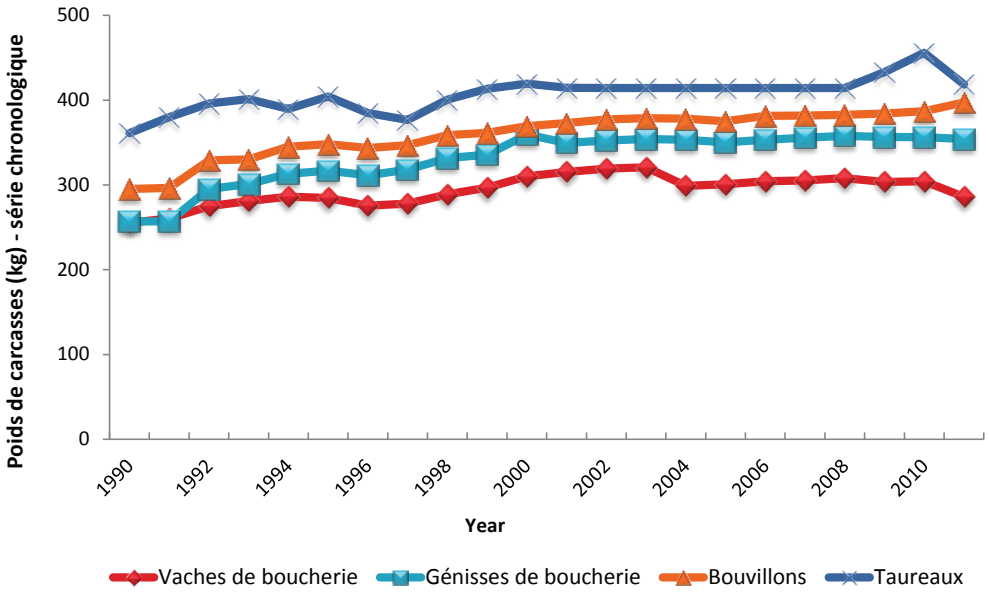
Tableau A3–16 Poids des carcasses utilisé comme indicateur de changement du poids vif des bovins non laitiers

Sous-catégorie de bétail	Tendance du poids vif utilisé
Vaches de boucherie	Tendances du poids des carcasses de vaches de boucherie utilisé comme indicateur du poids vif
Génisses destinées à l'abattage	Tendances du poids des carcasses de génisses destinées à l'abattage utilisé comme indicateur du poids vif
Génisses de boucherie	Tendances du poids des carcasses de génisses de boucherie utilisé comme indicateur du poids vif
Bouvillons	Tendances du poids des carcasses de bouvillons utilisé comme indicateur du poids vif
Taureaux	Tendances du poids des carcasses de taureaux utilisé comme indicateur du poids vif de 1990 à 2002; de 2003 à 2008, le poids vif demeure le même qu'en 2002; après 2009, on utilise de nouveau la tendance du poids des carcasses
Veaux	Aucun changement
Génisses laitières[1]	Aucun changement

Note :

1. Comme le poids des vaches laitières n'a pas augmenté avec le temps, on a présumé que celui des génisses laitières n'augmentait pas non plus.

Figure A3–1 Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC



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 envoyés 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.

Énergie digestible (DE) par ration

Nous avons utilisé les valeurs d'énergie digestible (ED) des rations calculées par Christensen *et al.* (1977) pour les fourrages des Prairies afin d'estimer les valeurs d'ED correspondant à la Saskatchewan et au Manitoba. Les données fournies par l'AAFRD et l'université de l'Alberta (2003) ont été utilisées pour l'Alberta, et celles établies par le NRC des États-Unis (2001) ont servi à estimer les valeurs d'ED des rations utilisées en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Est. Dans l'ensemble, l'ED a varié 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 CH_4 attribuables à la fermentation entérique au cours des premiers mois ont été considérées comme nulles.

A3.3.3. Émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique

Les rejets de CH_4 attribuables à la fermentation entérique de toutes les catégories d'animaux d'élevage au Canada sont calculés à l'aide de l'Équation A3–19. Les émissions de CH_4 provenant de la fermentation entérique chez les bovins sont estimées à l'aide des coefficients d'émission spécifiques au pays tirés des équations de niveau 2 du GIEC (2000) (Tableau A3–17). Pour les autres catégories d'animaux, on utilise l'analyse de niveau 1 du GIEC et des coefficients d'émission par défaut (voir annexe 8).

Équation A3–19:

$$CH_{4FE} = \sum_T \left(N_T \times CE_{(FE)T}\right)$$

où :

CH_{4FE}	=	émissions résultant de la fermentation entérique pour toutes les catégories animales
N_T	=	population animale pour la $T^{ième}$ catégorie ou sous catégorie animale par province
$CE_{(FE)T}$	=	coefficient d'émission pour la $T^{ième}$ catégorie ou sous catégorie animale (Tableau A3–17) pour les bovins; pour les autres catégories d'animaux, voir l'annexe 8).

A3.3.3.1. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la fermentation entérique

Les coefficients d'émission ont été établis à l'aide d'équations de niveau 2 du GIEC (2000) pour différentes sous-catégories de bétail (vaches laitières, génisses laitières, vaches de boucherie, génisses de boucherie, taureaux, veaux, génisses nécessaires à la relève, génisses et bouvillons de plus d'un an) en prenant pour base des étapes de production différents. Pour estimer la fermentation à l'aide des équations de niveau 2, il faut faire une approximation de l'énergie brute consommée (EB) en se servant de l'Équation A3–20 pour estimer les émissions.

Équation A3–20:

$$\boldsymbol{EB} = \left[\left[\frac{(EN_e + EN_a + EN_1 + EN_{mob} + EN_g)}{(EN_{ae}/ED)}\right] + \left[\frac{EN_c}{EN_{ac}/ED}\right]\right] \Big/ \left[\frac{ED}{100}\right]$$

où :

EB	=	énergie brute (MJ/jour)
EN_e	=	énergie nette requise pour l'entretien (MJ/jour)
NE_a	=	énergie nette requise pour les activités (MJ/jour)
NE_l	=	énergie nette requise pour la lactation (MJ/jour)
NE_{mob}	=	énergie nette mobilisée par la perte de poids pendant la lactation, MJ/jour
EN_g	=	énergie nette requise pour la gestation (MJ/jour)
EN_{ae}/ED	=	rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime d'entretien et l'énergie digestible
EN_c	=	énergie nette nécessaire à la croissance (MJ/jour)
EN_{ac}/ED	=	rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime de croissance et l'énergie digestible consommée
ED	=	énergie digestible d'une ration (%)

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 des bovins laitiers, par exemple, ont été estimées pour deux catégories de production – les vaches taries et les vaches en lactation. Les vaches en lactation ont un taux de consommation (EB) élevé pour assurer la production laitière. Les vaches taries peuvent aussi être confinées ou gardées en pâturages, ce qui modifie aussi l'apport énergétique dont elles ont besoin.

Le temps total passé par un animal pendant une étape de production donnée peut aussi varier; 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. Par exemple, la perte de poids durant la lactation chez les bovins laitiers se produit seulement pendant les 70 premiers jours de la lactation. Par conséquent, l'ENmob est modifiée selon un ratio du nombre de jours de perte de poids par rapport à la période de lactation totale. Un coefficient d'émission (CE(CE)) est calculé pour chaque province à l'aide de l'Équation A3–21. 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 A3–17).

Équation A3–21:

$$CE_{(FE)T} = \sum_{T} EB_T \times TP_T \times Y_{TM}$$

où :

$CE_{(FE)T}$	=	coefficient d'émission annuel en kg par animal année pour la population *T*
EB_T	=	énergie brute, MJ/jour dans la population ciblée T, kg/jour
Y_{Tm}		taux de conversion du méthane auquel la fraction d'énergie brute est convertie en méthane par animal de la population ciblée T, m^3/kg
TP_T	=	période (jours/année) d'une étape de production dans la population ciblée T

Tableau A3–17 Coefficients d'émission de CH4 pour la fermentation entérique - bovins - de 1990 à 2011

	$CE(_{CE})_T$ - (kg CH_4/animal/an)[1]							
Année	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage[2]	Bouvillons[2]	Veaux
1990	109,4	72,2	79,7	81,6	69,2	52,7	48,6	39,8
1991	110,1	72,2	82,5	82,4	69,8	52,9	48,9	39,8
1992	112,6	72,3	84,8	84,6	70,7	55,5	50,9	39,7
1993	113,8	72,2	85,5	85,6	71,1	56,6	50,5	39,7
1994	114,1	72,2	83,9	86,5	71,6	57,2	51,7	39,7
1995	114,3	72,1	86,1	86,1	71,5	57,1	51,2	39,7
1996	116,9	72,1	83,3	84,5	70,5	57,4	51,4	39,6
1997	116,7	72,1	82,2	85,0	71,3	58,3	52,2	39,7
1998	118,4	72,2	85,7	86,6	72,3	59,4	53,4	39,7
1999	120,6	72,2	87,6	87,8	73,1	60,3	54,2	39,6
2000	122,0	72,3	88,4	89,8	74,1	61,7	54,8	39,7
2001	122,3	72,3	87,8	90,4	74,6	61,2	54,7	39,8
2002	123,7	72,4	87,7	90,9	75,2	61,3	54,7	39,7
2003	123,3	72,4	87,6	91,0	75,0	60,8	54,2	39,5
2004	122,8	72,4	87,6	87,4	72,4	60,7	53,5	39,5
2005	123,3	72,4	87,6	87,5	72,1	60,8	53,5	39,5
2006	124,6	72,3	87,5	88,0	72,4	61,0	54,2	39,5
2007	125,0	72,4	87,6	88,1	72,5	61,2	54,4	39,5
2008	125,3	72,4	87,5	88,5	73,0	61,4	54,0	39,5
2009	125,7	72,4	90,0	87,8	72,6	61,2	54,1	39,6
2010	127,1	72,4	93,2	88,0	72,6	61,2	54,2	39,6
2011	127,6	72,4	88,0	85,0	70,2	61,0	54,8	39,6

Note :
1. Les coefficients d'émission pour la fermentation entérique sont tirés de Boadi et al. (2004). Ils ont été modifiés en fonction des tendances relatives à la production de lait et au poids des carcasses de plusieurs catégories de bovins de boucherie.
2. Valeurs exprimées en kg/animal/an; cependant, les émissions sont calculées en fonction du temps jusqu'à l'abattage.

A3.3.3.2. 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 de la fermentation entérique.

Des travaux de recherche de mesure de la fermentation entérique, effectués au Canada, indiquent que la moyenne des taux de conversion du méthane mesurés (Ym) est de 6,6 % (±2,4) de l'énergie brute (EB) pour les bovins non laitiers à l'extérieur des parcs d'engraissement, de 3,2 % (±1,9) de l'EB dans les parcs d'engraissement et de 6,2 % (±2,4) pour les bovins laitiers (McCaughey et al., 1997 et 1999; Boadi et Wittenberg, 2002; Boadi et al., 2002; Boadi et al., 2004a; 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). Ces valeurs semblent être conformes aux valeurs publiées dans les Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 1996). 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) par animal par année, à l'extérieur des parcs d'engraissement, et de 56 kg (±24) par animal par année, dans les parcs d'engraissement, et que la moyenne des coefficients d'émission mesurés pour les bovins laitiers est de 130 kg (±34) par animal par année.

Il faut toutefois être prudent lorsqu'on interprète ces valeurs, car 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 : les coefficients d'émission pour les bovins non laitiers varient de 60 à 65 kg par animal par année, et les coefficients d'émission pour les bovins laitiers varient de 109 à 127 kg par animal par année. Dans le modèle de bovins canadien, on a utilisé un Ym de 6 % de l'EB pour les bovins non laitiers à l'extérieur des parcs d'engraissement et pour les bovins laitiers, et un Ym de 4 % de l'EB pour les bovins non laitiers dans les parcs d'engraissement, ces valeurs étant tirées des recommandations du GIEC (GIEC, 2000).

Compte tenu des connaissances actuelles, l'examen des études canadiennes n'a permis d'identifier aucun biais évident. Il semble que tout biais introduit par l'utilisation de valeurs Ym tirées des recommandations du GIEC (2000) est compensé par l'estimation d'EB pour des sous-catégories d'animaux précises. Afin d'apporter des améliorations au modèle des émissions pour les bovins, il faut établir des liens directs entre Ym et la production animale, incluant la nutrition, de manière à établir une cohérence avec l'estimation de l'EB et les coefficients d'émission.

Des chercheurs canadiens ont participé à des travaux poussés d'examen et de validation du modèle 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 le modèle 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).

Cette analyse d'études porte à croire qu'il serait difficile d'améliorer les estimations canadiennes par la mise à jour de paramètres uniques. Pour améliorer le modèle actuel, il faudrait plutôt élaborer et mettre en application une méthode de calcul de niveau 3 propre aux pays.

A3.3.3.3. Incertitude

Une analyse d'incertitude approfondie a été effectuée concernant l'ensemble de la méthodologie utilisée pour le calcul des émissions de méthane provenant des animaux d'élevage pour l'année 2010. En 2011, les plages d'incertitude (en pourcentage) des moyennes calculées pour 2010 ont été utilisées pour générer des estimations de l'incertitude relativement aux estimations des émissions, des coefficients d'émissions et des populations animales. Dans le cadre de l'analyse réalisée en 2010, une reproduction stochastique du modèle des émissions de CH_4 provenant des animaux d'élevage a été constituée dans Mathematica©, et une simulation de Monte Carlo a été réalisée selon la méthode proposée dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Cette analyse s'est appuyée sur une étude récente (Karimi-Zindashty et al., 2012); cependant, le modèle stochastique d'Environnement Canada (MSEC) constitué dans Mathematica© i) employait exactement les

mêmes paramètres et équations que ceux utilisés dans la méthodologie de l'inventaire canadien, selon les recommandations du GIEC (2000), mais ii) 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 et iii) utilisait la distribution provinciale des systèmes de gestion des fumiers avec des estimations améliorées des distributions de probabilité (Tableau A3–18). Le MSEC a été exécuté pour les années1990, 2005 et 2010. Une analyse de la tendance a été réalisée pour déterminer l'incertitude liée à l'estimation des différences des émissions de 1990 à 2010.

Actuellement, les données requises pour générer des distributions de probabilité des coefficients utilisés dans les modèles agricoles 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 du modèle 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 de boucherie, 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 de bovins non laitiers à l'échelle nationale sont celles qui présentent l'incertitude la plus faible (±1,8 % de la moyenne), tandis que l'incertitude est légèrement plus élevée pour les populations de porcs (±2,6 % de la moyenne), de bovins laitiers (±5,4 % de la moyenne) et de moutons (±6,0 % de la moyenne).

Toutes les estimations concernant les populations des autres catégories d'animaux sont renouvelées uniquement à l'aide du Recensement de l'agriculture. Une fonction a été élaborée pour tenir compte 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, 1995, 2001 et 2006. Les incertitudes associées aux populations pour l'année 2010 ont été estimées en fonction de l'incertitude liée au Recensement de l'agriculture à l'échelle provinciale, plus l'intervalle de confiance de 95 % associé à la régression linéaire, multiplié par le nombre d'années écoulées depuis le dernier recensement (quatre). Les incertitudes liées à ces populations animales ont donc tendance à être plus élevées que les incertitudes liées aux estimations de populations animales établies d'après les enquêtes semestrielles et trimestrielles. Les incertitudes liées aux populations des autres catégories d'animaux à l'échelle nationale ont varié de ±6 % de la moyenne pour les chevaux à ±12 % de la moyenne pour les bisons; la contribution de ces catégories d'animaux aux émissions totales est toutefois faible. Il est probable que cette analyse surestime l'incertitude pour l'année 2011, étant donné que de nouvelles données de recensement ont été utilisées pour l'inventaire des émissions et qu'elles sont plus précises que les valeurs de populations extrapolées utilisées en 2010.

Les paramètres utilisés aux fins du calcul de niveau 2 des coefficients d'émission pour les bovins peuvent être divisés en deux catégories : i) les paramètres associés aux méthodes d'élevage et au rendement (voir la section A3.3.2 pour obtenir une description détaillée des paramètres), et ii) les paramètres propres aux équations de niveau 2 du GIEC (voir la section A3.3.3). 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 liées 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 du GIEC (2006). Deux différences importantes sont à noter : i) une fois l'étude publiée terminée, on a pu obtenir les distributions de probabilité de l'énergie digestible auprès de Valacta Dairy Services, ce qui a permis de calculer les distributions typiques de différents types d'aliments; et ii) Karimi-Zindashty et al. (2012) ont utilisé la méthode du GIEC (2006) et n'ont donc pas tenu compte des effets de la perte de poids sur l'énergie brute. Par conséquent, on a appliqué 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 (ENmob), variant en fonction de la durée de la perte de poids entre 0 et 20 % de la période de lactation. Comme ce paramètre a été retiré des lignes directrices 2006 du GIEC, cette méthode fournissait un moyen efficace d'évaluer l'incidence globale de ce paramètre.

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 1900 et pour 2010 simultanément, et dans les estimations, on a permis uniquement au paramètres dépendants du temps de varier de façon indépendante. Ces paramètres représentent les éléments du modèle de calcul qui varient dans le temps et, par conséquent, on dispose d'une estimation pour une valeur en 1990 et en 2010 (indiquée par un « 7 » en indice supérieur au Tableau A3–18). On considère que les paramètres en 1990 et en 2010 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 2010. 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 2010. Les paramètres qui pouvaient varier de manière indépendante dans l'analyse relative à la 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 résultats sommaires de l'analyse des incertitudes liées aux émissions dues à la fermentation entérique sont présentés à la section 6.2.3 du chapitre 6. En bref, la plage d'incertitude liée aux émissions imputables à la fermentation entérique est de 39 % (-19 % à +20 % de la moyenne) (tableau 6-3). 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 -18 % à +26 % de la moyenne pour les bovins non laitiers et de -18 % à +21 % de la moyenne pour les 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 (2003), 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). Pour ce qui est des 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 bovins laitiers et les 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 utilisée à titre de donnée d'activité a très peu changé avec le temps. La plage d'incertitude pour les émissions de 1990 et de 2010 tourne autour de 39~40 %. D'après l'analyse des tendances, à long terme, les émissions de méthane ont augmenté entre l'année de référence 1990 et 2010, 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

Tableau A3–18 Incertitudes liées aux données d'entrée, sources d'incertitude et catégorie spatiale et animale à laquelle l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins de l'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique

Catégorie de paramètre	Source du coefficient/ paramètre	Type de distribution	Plage d'incertitude[1]	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes	Catégorie spatiale/ animale
Données sur les populations					
Enquêtes semestrielles sur les bovins					
Bovins laitiers	Statistique Canada (Tableau 003-0032)	Distribution normale	±6% – ±42%	Karimi-Zindashty et al. (2012) Statistique Canada, communication personnelle[4]	Provincial/sous-catégorie
Bovins non laitiers	Statistique Canada (Tableau 003-0032)	Distribution normale	±5% – ±73%	Karimi-Zindashty et al. (2012) Statistique Canada, communication personnelle[4]	Provincial/sous-catégorie
Autres populations établies selon les enquêtes					
Porcs	Statistique Canada (Tableaux 003-0004 et 003-0031)	Distribution normale	±8% – ±89%	Karimi-Zindashty et al. (2012) Statistique Canada, communication personnelle[4]	Provincial/sous-catégorie
Moutons	Statistique Canada (Tableaux 003-0004 et 003-0031)	Distribution normale	±14% – ±80%	Karimi-Zindashty et al. (2012) Statistique Canada, communication personnelle[4]	Provincial/sous-catégorie
Recensement de l'agriculture					
Chèvres	Recensement de l'agriculture	Distribution normale	±9% – ±21%	Statistique Canada, *Recensement de l'agriculture*, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	Provincial/sous-catégorie
Volaille	Recensement de l'agriculture	Distribution normale	±5% – ±12%	Statistique Canada, *Recensement de l'agriculture*, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	Provincial/sous-catégorie
Bisons	Recensement de l'agriculture	Distribution normale	±18% – ±85%	Statistique Canada, *Recensement de l'agriculture*, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	Provincial/sous-catégorie
Lamas et alpagas	Recensement de l'agriculture	Distribution normale	±16% – ±42%	Statistique Canada, *Recensement de l'agriculture*, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	Provincial/sous-catégorie
Chevaux	Recensement de l'agriculture	Distribution normale	±5% – ±16%	Statistique Canada, *Recensement de l'agriculture*, et incertitude liée à l'extrapolation linéaire, en fonction du temps écoulé depuis le recensement	Provincial/sous-catégorie
Paramètres de production bovine et rendement de la production					
Production laitière[7]	Valacta/Canwest DHI	Distribution normale	±8%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
Teneur en matières grasses[7]	Valacta/Canwest DHI	Distribution normale	±8%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
Efficacité du troupeau laitier[7]	Valacta/Canwest DHI	Distribution normale	±8%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
Coefficient de gestation	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
Gain quotidien moyen	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
Période de gestation	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie
Durée des étapes de production	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale, à l'exception des animaux de boucherie – distribution triangulaire, non symétrique	±5%, Animaux de boucherie : VPP5 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, on a posé l'hypothèse d'une distribution triangulaire, selon l'interprétation des effets potentiels sur le marché (Canfax Research Services, 2009)	Provincial/sous-catégorie d'étape de production, corrélation interne[6]
Pourcentage des populations à chaque étape de production	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	±5% – ±30%	Opinion d'experts, Boadi et al. (2004b)	Provincial/sous-catégorie d'étape de production, corrélation interne[6]
Estimations des poids des bovins[7]					
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)	Distribution normale	±5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/sous-catégorie d'étape de production
Poids des carcasses	ACCB[2] et données publiées par AAC[3] (1990–2010)	Distribution normale	±5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	National/sous-catégorie

Tableau A3-18: Incertitudes liées aux données d'entrée, sources d'incertitude et catégorie spatiale et animale à laquelle l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins de l'estimation des émissions de méthane résultant de la fermentation entérique (continué)

Catégorie de paramètre	Source du coefficient/ paramètre	Type de distribution	Plage d'incertitude[1]	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes	Catégorie spatiale/ animale
Coefficients d'émission pour les bovins (équations de niveau 2 du GIEC)					
Taux de conversion du méthane (Ym)	IPCC (2000)	Distribution normale	Animaux au parc d'engraissement : ±30 % Autres animaux : ±15 %	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)	National/parc d'engraissement ou non
Énergie brute aux fins des calculs relatifs aux bovins – Équation A3–2 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 aux fins des calculs relatifs aux bovins – équations 4.1 à 4.10, *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)	GIEC (2000)	Distribution normale	±30%	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/bovins
Coefficient de survie (entretien) (Cfi)	GIEC (2000)		±30%	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/bovins
Coefficient de lactation	GIEC (2000)		±30%	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/bovins
Taux de perte de poids	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	5%	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts	Provincial/ sous-catégorie
Durée de la perte de poids	Boadi et al. (2004b)	Distribution normale	LI : 0 LS : 20 % de la période de lactation	Interprétation des différences entre les lignes directrices de 2000 et de 2006 de l'IPCC	Provincial/ sous-catégorie
Coefficients d'émission pour les animaux autres que les bovins					
Porcs	GIEC (2000)	Distribution normale	±37%	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/catégorie
Autres animaux	GIEC (2000)	Distribution normale	±50%	Karimi-Zandashty et al. (2012) – Monni et al. (2007)	National/catégorie

Notes :
1. Lorsque des différences en matière d'incertitude existent entre les provinces ou les catégories d'animaux, l'incertitude maximale et minimale est indiquée.
2. Agence canadienne de classement du bœuf.
3. Agriculture et Agroalimentaire Canada.
4. Communication personnelle. R. Plourde, Statistique Canada, Section du bétail et des aliments, Ottawa (Ontario), 4 avril 2010.
5. VPP – valeur la plus probable; LI – limite inférieure; LS – limite supérieure.
6. Par corrélation interne on entend la mesure d'une valeur exprimée en proportion d'un tout, c'est-à-dire en proportion d'un total équivalant à 100 %.
7. Valeurs qu'on a laissé varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances.

des émissions est associée à la fermentation entérique, qui a augmenté de 11 à 22 %, avec une VPP de 16 %. Pour estimer l'incertitude des tendances indiquée au Tableau 6-3, on a appliqué la différence en pourcentage entre les intervalles de confiance et la VPP à la variation moyenne des émissions entre 1990 et 2011, ce qui a donné lieu à une plage allant de +8 % à +16 % par rapport à la moyenne calculée de la variation des émissions de +12 %.

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 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. Il s'agissait toutefois principalement de méthodes d'estimation de niveau 1. Nous n'avons pas été en mesure de trouver des publications comparables concernant les analyses 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 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 des bovins laitiers et à produire des estimations d'émissions plus élevées. Selon l'analyse de sensibilité réalisée par Karimi-Zindashty *et al.* (2012), la majeure partie de l'incertitude liée aux estimations d'émissions est attribuable 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_{fi}) 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.

Les analyses d'incertitude seront entièrement mises à jour lorsque des changements auront été apportés au modèle des émissions ou aux sources des données sur les activités.

A3.3.3.4. 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 8).

A3.3.4. 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, 2000). L'Équation A3–22 sert à calculer les émissions de CH_4 de la gestion des fumiers de toutes les catégories de bétail au Canada. Les sources de données sur la population animale sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour les estimations de la fermentation entérique. Elles sont présentées au Tableau A3–11.

Équation A3–22:

$$CH_{4MM} = \sum_T (N_T \times CE_{(MM)T})$$

où :

CH_{4MM}	=	émissions résultant de la gestion des fumiers pour toutes les catégories animales
N_T	=	population animale pour la $T^{ième}$ catégorie ou sous catégorie animale par province
$EF_{(MM)}T$	=	coefficient d'émission pour la $T^{ième}$ catégorie ou sous catégorie animale, calculé à l'aide de l'Équation A3–23.

Les coefficients d'émission de CH_4 de niveau 2 provenant de la gestion des fumiers résultent des données d'entrée de pays spécifiques et prennent en compte les conditions climatiques, les rations du bétail, le type de système d'entreposage de fumier. L'équation suivante représente une estimation de niveau 2 du GIEC des coefficients d'émission de CH_4 liés aux systèmes de gestion des fumiers :

Équation A3–23:

$$CE_{(MM)T} = SV_T \times 365 \times Bo_T \times 0.67\, kg/m^3 \times \sum_{ij} FCM_{ij} \times SGF_{Tij}$$

où :

$CE_{(MM)T}$	=	coefficient d'émission annuel en kg par animal année pour la population *T*
SV_T	=	solides volatils excrétés quotidiennement en kg par jour pour un animal appartenant à la population *T*
Bo_T	=	potentiel maximal de production de CH_4, en m^3/kg de SV, pour le fumier produit par un animal appartenant à la population *T*
FCM_{ij}	=	facteur de conversion du CH_4 pour chaque système de gestion des fumiers *i* par région climatique *j*
$SGFT_{jj}$	=	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 du fumier i dans la région climatique j (GIEC, 2000, équation 4.17, p. 4.34), souvent appelé système de gestion (SG) dans les documents du GIEC.

Les sections suivantes portent sur les sources de valeurs d'entrée pour l'Équation A3–23 : SV, ED, CENDRE, B_0, FCM et SGF.

A3.3.4.1. Solides volatils (SV)

Bovins (SV)

Les solides volatils (SV) représentent la portion organique des solides totaux du fumier. On a estimé les SV de fumier à l'aide de la méthode du GIEC qui est fondée sur l'énergie digestible (ED) de l'apport alimentaire, la teneur en cendre du fumier et l'énergie brute (EB) consommée par un animal d'une sous-catégorie donnée, conformément à l'Équation A3–24 (GIEC, 2006).

Pour les sous-catégories de bovins, l'EB dépend du modèle de production de bovins défini pour la fermentation entérique (Boadi *et al.*, 2004b), comme le montre l'Équation A3–20. 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. L'augmentation de la production de lait chez les bovins laitiers et du poids des carcasses chez les bovins de boucherie a eu pour effet d'accroître les SV et, par le fait même, les émissions de CH_4 au cours de la série chronologique.

Équation A3–24:

$$SV = EB \times \left(\frac{1kg\ ms}{18{,}45\ MJ}\right) \times \left(1 - \frac{ED}{100}\right) \times \left(1 - \frac{CENDRE}{100}\right)$$

où :

SV	=	excrétion de solides volatils (kg/animal/jour)
EB	=	énergie brute consommée par un animal donné, MJ/animal/jour
ED	=	énergie digestible d'une ration (%)
ms	=	matière sèche, partie du facteur de conversion énergie-poids, où 1 kg de matière sèche représente 18,45 MJ d'énergie
CENDRE	=	teneur en minéraux du fumier (%)

Catégories autres que les bovins (SV)

Les solides volatils pour les catégories animales autres que les bovins ont été calculés par Marinier *et al.* (2004) au moyen d'une approche stochastique, en tenant compte de la variabilité des valeurs de MSI, d'ED et de CENDRE calculées à partir de sondages effectués auprès d'experts. Ces valeurs (MSI, ED, CENDRE) ont servi à calculer les SV par province pour les catégories d'animaux d'élevage autres que des bovins. On a utilisé la méthode de Monte-Carlo à l'aide de Crystal Ball® (Decisioneering, 2000) pour effectuer une simulation de l'Équation A3–25, ce qui a permis d'obtenir une valeur moyenne pour les SV et une distribution de probabilité fondées sur la variance présente dans les opinions des experts et les études scientifiques (Tableau A3–19).

Équation A3–25:

$$SV = MSI \times \left(1 - \frac{ED}{100}\right) \times \left(1 - \frac{CENDRE}{100}\right)$$

où :

SV	=	excrétion de solides volatils (kg/animal par jour)
MSI	=	matière sèche ingérée (kg/animal par jour)
ED	=	énergie digestible d'une ration (%)
CENDRE	=	teneur en cendres du fumier (%)

Tableau A3–19 Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins et intervalle de confiance connexe de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne

Catégorie d'animaux	Valeur moyenne des solides volatils (kg/animal/jour)	Intervalle de confiance de 95 % (%)
Moutons et agneaux[1]	0,55	31
Chevaux adultes	3,2	16
Porcs	0,23	50
Chèvres	0,64	41
Volaille	0,022	20

Note :
1. On attribue aux lamas et aux alpagos les mêmes valeurs qu'aux moutons et aux agneaux, tandis que les bisons sont considérés comme des bovins non laitiers.

Les sections suivantes portent sur les sources de données permettant d'estimer les SV, qui ont été élaborées par Marinier *et al.* (2004).

Énergie digestible (ED) et matière sèche ingérée (MSI)

Les sources de renseignements utilisées pour calculer les valeurs de l'ED pour les bovins laitiers et non laitiers sont examinées en détail aux sections A3.3.2.1 et A3.3.2.2, respectivement.

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 l'ED à partir de l'ED 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 A3–20). 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 ont été déterminés en consultant des spécialistes et en se fondant sur des valeurs publiées (Tableau A3–21).

Teneur en cendres des fumiers (CENDRES)

La teneur en cendres des fumiers est la portion inorganique de ceux-ci. Le Tableau A3–22 comprend les valeurs utilisées dans le présent inventaire pour la teneur en cendres dans le calcul des solides volatils ainsi que leurs sources.

A3.3.4.2. Potentiel de production maximale de CH_4 (B_0)

Le B_0 est défini comme le volume maximal de CH_4 qui peut être produit à partir d'un kilogramme de SV chargé dans un système de gestion des fumiers. Il s'exprime sous la forme suivante : m^3 kg^{-1} de SV chargés. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) ont été utilisées pour tous les animaux. Pour les bisons, on a utilisé les valeurs correspondant aux bovins non laitiers.

A3.3.4.3. Facteur de conversion du méthane (FCM)

Le FCM décrit la proportion du B_0 réalisée et obtenue, selon le système d'entreposage (pour le bétail et les porcs) ainsi que la région climatique. Les valeurs publiées dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006) ont été utilisées pour tous les animaux.

Tableau A3–20 Énergie digestible approximative (ED) pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage et sources de données

Catégorie d'animaux	ED (%)	Sources[1]
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 :
1. Sources des données : consultations d'experts (Marinier et al., 2004).

Tableau A3–21 Matière sèche ingérée par certains animaux d'élevage

Catégorie d'animaux	MSI (kg/animal/jour)	Sources[2]
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
Animaux sevrés	3,6–6,3	NRC (1989)
Porcs		
Jeunes (5-20 kg)	0,55–0,72	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Adultes (20-60 kg)	1,4–2,1	J. Patience, Prairie Swine Centre
Prêts pour l'abattage (60-110 kg)	2,1–3,3 1	M. Nyachoti, Université du Manitoba; C. Pomar, Agriculture et Agroalimentaire Canada
Truies	2,28	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Verrats	2,0–2,5	M. Nyachoti, Université du Manitoba; NRC (1998)
Chèvres		
Cervidés femelles	1,2–2,8	NRC (1981)
Cervidés mâles	1,4–2,3	CRAAQ (1999)
Jeunes cervidés	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)

Note :
1. Évalué à 3,5 % de la masse corporelle.
2. Sources des données : consultations d'experts (Marinier et al., 2004).

Tableau A3–22 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)

A3.3.4.4. Facteur de distribution du système de gestion des déchets animaux (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. Un sondage auprès d'experts de la gestion des fumiers et de la production d'animaux a été mené par Marinier et al. (2004) en 2003-2004 dans le cadre de l'étude de niveau 2; le Tableau A3–23 présente un résumé des moyennes nationales des résultats. En bref, dans les principales catégories de production d'animaux à l'échelle du pays, on traite généralement le lisier de porc comme du fumier liquide, tandis que le fumier de volaille est entreposé de la même façon que le fumier solide. En moyenne, on répartit également le fumier liquide et solide des vaches laitières, dont environ 20 % est épandu sur les pâturages. Toutefois, dans certaines provinces, la proportion de fumier de bovins laitiers traitée comme du fumier liquide peut atteindre 89 % (Colombie-Britannique) ou descendre jusqu'à 20 % (Manitoba et Île-du-Prince-Édouard). Le fumier solide des bovins de boucherie est généralement soit entreposé, soit dispersé naturellement dans les pâturages, à l›exception de la Colombie-Britannique et du Manitoba, où la majeure partie du fumier est épandue dans les pâturages.

Aucune donnée précise n'était disponible pour les cuves à déjections et les biodigesteurs couverts; on présume qu'ils font partie de la catégorie des autres systèmes.

A3.3.4.5. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers de bovins

Les coefficients d'émission pour les bovins élaborés pour le calcul des émissions de CH_4 issues de la gestion des fumiers varient selon les sous-catégories d'animaux et avec le temps (Tableau A3–24), les SV étant calculés en fonction de l'EB issue du modèle 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 i) la hausse de la productivité des vaches laitières et ii) la variation du poids vif des bovins non laitiers dont il a été question aux sections A3.3.2.1 et A3.3.2.2 respectivement. Les coefficients d'émission sont les plus élevés pour les vaches laitières, ce qui tient compte des taux élevés de confinement, de la grande proportion de systèmes de gestion du fumier liquide et de l'apport alimentaire important pour la production soutenue de lait. 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 A3–23 Pourcentages de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) pour le Canada (Marinier et al., 2004), présentés sous forme de moyennes nationales

Catégorie d'animaux	Systèmes liquides (NL)	Stockage du fumier solide et du fumier sec (NSSD)	Fumiers des pâturages, des grands parcours et des enclos (CEPGE)	Autres systèmes (NO)
Bovins non laitiers	1	48	47	4
Bovins laitiers	39	43	18	0
Volaille	10	89	1	0
Moutons et agneaux	0	32	68	0
Lamas et alpacas1	0	32	68	0
Porcs	96	3	0	1
Chèvres	0	42	58	0
Chevaux	0	26	74	0
Bisons	1	48	47	4

Note :
1. On pose l'hypothèse que le fumier des lamas et des alpacas traité par des SGF est égal à celui des moutons et des agneaux.

Tableau A3–24 Coefficients d'émission pour estimer les émissions de CH4 issues de la gestion des fumiers des différentes souscatégories de bovins, de 1990 à 2011[1]

	Coefficients d'émission $CE(_{MM})_T$ (kg CH_4 par animal, par année)							
Année	Vaches laitières	Génisses laitières[1]	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage	Bouvillons	Veaux
1990	23,1	18,2	3,2	3,1	2,6	1,6	1,5	1,5
1991	23,3	18,3	3,3	3,2	2,6	1,6	1,5	1,5
1992	23,9	18,4	3,4	3,2	2,6	1,7	1,5	1,5
1993	24,3	18,4	3,4	3,3	2,7	1,7	1,5	1,5
1994	24,4	18,4	3,3	3,3	2,6	1,7	1,6	1,5
1995	24,5	18,3	3,4	3,3	2,6	1,7	1,5	1,5
1996	25,1	18,3	3,3	3,2	2,6	1,7	1,5	1,5
1997	25,0	18,2	3,2	3,2	2,6	1,7	1,6	1,5
1998	25,3	18,3	3,3	3,3	2,6	1,7	1,6	1,5
1999	25,6	18,6	3,4	3,3	2,6	1,7	1,6	1,5
2000	26,1	18,8	3,4	3,4	2,7	1,8	1,6	1,5
2001	26,3	18,8	3,3	3,4	2,7	1,8	1,6	1,5
2002	26,7	18,8	3,3	3,4	2,7	1,8	1,6	1,5
2003	26,7	18,9	3,3	3,4	2,7	1,8	1,6	1,5
2004	26,6	18,8	3,3	3,3	2,6	1,8	1,6	1,5
2005	26,7	18,7	3,3	3,3	2,5	1,8	1,6	1,5
2006	26,9	18,6	3,3	3,3	2,5	1,8	1,6	1,5
2007	26,9	18,8	3,3	3,3	2,5	1,8	1,6	1,5
2008	27,1	19,0	3,3	3,3	2,6	1,8	1,6	1,5
2009	27,3	19,1	3,4	3,3	2,6	1,8	1,6	1,5
2010	27,6	19,1	3,5	3,3	2,6	1,8	1,6	1,5
2011	27,7	19,2	3,3	3,2	2,5	1,8	1,6	1,5

Note :

1. Dans le cas des génisses laitières, les coefficients d'émission ont été estimés à l'aide du B0, du FCM et des systèmes de gestion des fumiers des vaches laitières.

A3.3.4.6. Coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers d'espèces animales autres que les bovins

Les coefficients d'émission attribuables à la gestion des fumiers pour les catégories d'animaux autres que les bovins varient selon les sous-catégories d'animaux, mais sont constants dans le temps (Tableau A3–25). Dans le cas des plus grandes catégories d'animaux autres que des bovins, les porcs, les moutons et les volailles, on tient compte des étapes de croissance. Les calculs de coefficients d'émission utilisent les valeurs de SV tirées de Marinier *et al.* (2004). Toutefois, les coefficients d'émission ont été recalculés afin d'intégrer les informations scientifiques les plus récentes sur le B_0 et le FCM, tirées des *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 1996). Les coefficients d'émission les plus élevés sont associés aux porcs; leur valeur varie de 1,8 à 7,9 kg/animal par année, selon l'étape de croissance,

Tableau A3–25 Coefficients d'émission de CH_4 pour la gestion des fumiers d'animaux autres que les bovins

Catégories autres que celle des bovins	Coefficients d'émission pour gestion des fumiers $CE(_{MM})$ (kg CH_4 par animal, par année)
Porcs	
Verrats	6,4
Truies	6,3
Porcs < 20 kg	1,8
Porcs 20–60 kg	5,1
Porcs > 60 kg	7,9
Autres animaux d'élevage	
Moutons	0,3
Agneaux	0,2
Chèvres	0,3
Chevaux	2,3
Bisons	2,3-3,2
Volaille	
Poulets	0,03
Poules	0,11
Dindes	0,08

à cause du pourcentage élevé de fumier qui est stocké sous forme liquide. Les coefficients d'émission associés à d'autres catégories mineures tendent à être faibles à cause de l'importante proportion de fumier épandu sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos, ou sous forme solide, dans les enclos et les parcs clôturés. Les coefficients d'émission attribuables à la gestion du fumier de bison sont égaux aux coefficients d'émission attribuables à la gestion du fumier de bovins non laitiers, pour chaque province individuellement.

A3.3.4.7. 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 B_0 est également sous-estimé) jusqu'à aussi peu que 14 % dans le cas du fumier de porcs, et de 62 % à 4 % dans le cas de celui des bovins laitiers, sans mesures d'atténuation en place (Kaharabata et al., 1998, Massé et al., 2003 et 2008, Wagner-Riddle et al., 2006, Laguë et al., 2005, Park et al., 2006 et 2010, VanderZaag et al., 2009 et 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 et 2010b). Comme c'est le cas pour les systèmes de gestion du fumier liquide, la variabilité des émissions et des méthodes rendent difficiles les comparaisons avec les paramètres du GIEC.

Un récent article portant sur un petit échantillon d'exploitations agricoles de l'Est du Canada suppose que les valeurs de B_0 pour les porcs, les bovins de boucherie et les bovins laitiers étaient de 0,47-0,42, 0,21-0,19 et 0,35-0,30 respectivement (Godbout et al., 2010). Les valeurs pour les bovins de boucherie et les porcs sont conformes aux valeurs par défaut du GIEC, mais, les bovins laitiers font exception, les valeurs de B_0 observées étant 50 % plus élevées que les valeurs par défaut. Comme il s'agissait d'une mesure unique, d'autres analyses de B_0 sont nécessaires pour de nombreuses régions et pratiques de production.

Les quantités de solides volatils stockées 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; par conséquent, la variabilité observée dans les études est probablement due à une combinaison de différences dans les méthodes de mesure, à la variabilité des caractéristiques des fumiers (B_0) et à un certain nombre de facteurs physiques et biochimiques correspondant à chaque situation expérimentale, qui ne sont pas pris en compte dans le modèle 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, les procédures de nettoyage des installations de stockage, tous ces facteurs pouvant influer sur les émissions issues du stockage des fumiers (Pattey et al., 2005, Laguë et al., 2005, Park et al., 2006, 2010, Wagner-Riddle et al., 2006, Massé et al., 2008, et VanderZaag et al., 2009 et 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 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.

A3.3.4.8. Incertitude concernant les émissions de CH_4 attribuables à la gestion des fumiers

Les émissions de méthane attribuables à la gestion des fumiers ont été prises en compte dans l'analyse d'incertitude exhaustive dont il est question à la section A3.3.4.8. Comme c'était le cas pour la 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 A3–26). Il existe très peu de données sur les distributions de probabilité des coefficients utilisés dans les modèles 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).

L'incertitude sur les populations des catégories clés d'animaux est la même que celle dont il est question à la section A3.3.3.3; les distributions utilisées pour déterminer les incertitudes sont présentées au Tableau A3–18.

Les paramètres utilisés pour calculer des coefficients d'émission de niveau 2 pour la 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 l'ED sont des valeurs que les producteurs connaissent très bien et peuvent fournir avec une certaine confiance. Pour ce qui est des bovins, les solides volatils varient en fonction de l'énergie brute (EB) consommée et présentent subséquemment une variabilité similaire à celle du coefficient d'émission établi pour la fermentation entérique (±19 %).

La plupart des distribution 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 dérivé les distributions à partir des opinions d'experts énoncées dans le rapport de Marinier et al. (2004), ou directement des lignes directrices du GIEC (2006). 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. En conséquence, on doit considérer que la valeur réelle de l'estimation de l'incertitude totale liée à la gestion des fumiers est 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 du fumier liquide en comparant différents rapports selon lesquels le fumier traité par des systèmes de gestion du fumier 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 du fumier liquide ont semblé gagner du terrain de façon continue au fil du temps. La limite supérieure pour 2010 a donc été établie à 25 %, d'après le taux d'adoption des systèmes de gestion du fumier 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 du fumier 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 %.

Tableau A3–26 Incertitudes concernant les données d'entrée, sources d'incertitude et catégorie spatiale et animale à laquelle l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins de l'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers

Catégorie de paramètre	Paramètre/ catégorie ou souscatégorie d'animaux	Type de distribution	Plage d'incertitude[1]		Catégorie spatiale/animale	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes
			Plage	Valeur la plus probable[1]		
Calcul des solides volatils (équations A3-6 et A3-7)						
Matière sèche ingérée (MSI)		Triangulaire				
- Porcs						
	Verrats		1,2–3,4	2,28	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Truies		2,0–2,5	2,25	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Porcs < 20 kg		0,55–0,72	0,68	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Porcs 20–60 kg		0,63–2,1	1,75	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Porcs > 60 kg		2,1–3,3	2,7	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
- Volaille						
	Poules pondeuses		7,4–9,9	9,85	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Poulets à griller		0,085–0,088	0,086	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Dindes		0,23–0,53	0,27	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
- Autres animaux d'élevage						
	Moutons		1,2–3,0	2	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Agneaux		1,2–1,6	1,35	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Chèvres		1,4–2,3	1,75	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Chevaux		7,4–9,9	9,85	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
	Bisons		6,8–10,1	8,43	National/sous-catégorie	Marinier et al. (2004)
Cendres		Triangulaire				
-Bovins			3,9–11	8	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
-Porcs			3,9–11	4,8–5,1	National/catégorie[2]	Marinier et al. (2004)
-Volaille						
	Poules pondeuses		3,9–11	10	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
	Poulets à griller		3,9–11	7	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
	Dindes		3,9–11	5	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
-Autres animaux d'élevage						
	Moutons		3,9–11	8	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
	Agneaux		3,9–11	8	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
	Chèvres		3,9–11	8	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
	Chevaux		3,9–11	4	National/catégorie	Marinier et al. (2004)
	Bisons		3,9–11	8		
Énergie digestible (ED)		Normale				
	-Bovins		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	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
-Volaille						
	Poules pondeuses		±5.5%		National/sous-catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
	Poulets à griller		±5.5%		National/sous-catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
	Dindes		±5.5%		National/sous-catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
-Autres animaux d'élevage						
	Moutons		±9%		Provincial/catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
	Agneaux		±9%		Provincial/catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
	Chèvres		±9%		Provincial/catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
	Chevaux		±9%		Provincial/catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
	Bisons		±9%		Provincial/catégorie	Dérivé de données brutes fournies par Valacta Dairy Services
Calcul des coefficients d'émission (équation A3-5)						
Facteur de conversion du méthane (FCM)		Normale				
	Tous les animaux		±45%		National	Karimi-Zindashty et al. (2012) – selon l'opinion d'experts

Tableau A3-26: Incertitudes concernant les données d'entrée, sources d'incertitude et catégorie spatiale et animale à laquelle l'incertitude est attribuée, pour les paramètres utilisés aux fins de l'estimation des émissions de méthane résultant de la gestion des fumiers (continué)

Catégorie de paramètre	Paramètre/catégorie ou souscatégorie d'animaux	Type de distribution	Plage d'incertitude[1]		Catégorie spatiale/animale	Estimation de la distribution de l'incertitude – Source et notes
			Plage	Valeur la plus probable[1]		
Potentiel maximal de production de méthane (B_0)		Triangulaire				
	Bovins laitiers		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	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
	Porcs		0,32–0,48	0,48	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
	Volaille		0,24–0,39	0,32	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
	Moutons et agneaux		0,19–0,36	0,19	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
	Chèvres		0,15–0,19	0,18	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
	Chevaux		0,30–0,36	0,3	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
	Bisons		0,19–0,33	0,19	National/catégorie	Karimi-Zindashty et al. (2012) – GIEC (2006)/Marinier et al. (2004)
Système de gestion des fumiers (SGF)[5]						
	Bovins laitiers	Triangulaire	LI : VPP - 10 % LS : VPP + 25 %	VPP[4] de Marinier et al. (2005)	Provincial/catégorie	Opinion d'experts, limites fondées sur l'interprétation de multiples sources de données Variable à corrélation interne[3] On a autorisé la variation des systèmes liquides selon des distributions triangulaires non symétriques
	Porcs	Triangulaire	LI : VPP - 10 % LS : 100 %	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[3] On a autorisé la variation des systèmes liquides selon des distributions triangulaires non symétriques
	Bovins non laitiers	Normale	±17%		Provincial/catégorie	Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[3]
	Volaille	Normale	±17%		Provincial/catégorie	Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[3]
	Moutons et agneaux	Normale	±17%		Provincial/catégorie	Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[3]
	Chèvres	Normale	±17%		Provincial/catégorie	Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[3]
	Chevaux	Normale	±17%		Provincial/Category	Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[3]
	Bisons	Normale	±17%		Provincial/Category	Marinier et al. (2005) Variable à corrélation interne[3]

Notes :
1. Indication de la valeur la plus problable lorsque la distribution est triangulaire; simple indication de ±% pour les distributions normales.
2. La teneur en cendres peut varier d'une province à l'autre pour les porcs.
3. Par corrélation interne on entend la mesure d'une valeur exprimée en proportion d'un tout, c'est-à-dire en proportion d'un total équivalant à 100 %.
4. VPP – valeur la plus probable; LI – limite inférieure; LS – limite supérieure.
5. Valeurs qu'on a laissé varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances.

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 de la gestion des fumiers. Tout comme dans le cas de la fermentation entérique, pour la tendance à long terme, on a calculé les émissions pour 1900 et pour 2010 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 A3.3.3.3. Les paramètres qui pouvaient varier de manière indépendante dans l'analyse des tendances relative à la 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 A3–18 et par un « 5 » en indice

supérieur auTableau A3–26). Avant 2004, la limite inférieure pour les SGF liquides était calculée d'après le taux d'adoption des systèmes de gestion du fumier 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.

Le sommaire des résultats de l'analyse d'incertitude portant sur les émissions des systèmes de gestion des fumiers est présenté à la section 6.3.1.3 du chapitre 6. En résumé, la plage d'incertitude concernant les émissions de CH_4 provenant de la gestion des fumiers est de 62 % (-29 % à +33 % de la moyenne). Comme c'est le cas pour 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 +69 % pour les bovins non laitiers, et une plage de -54 % à +70 % pour les bovins laitiers. Les coefficients d'émission établis pour les 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 -50 % à +45 %. La contribution de tous les autres animaux aux émissions totales est faible : 0,19 Mt d'éq. CO_2 dans une plage d'incertitude de 0,13 (-35 % de la moyenne) à 0,23 (+19 % de la moyenne). Dans l'ensemble, comme c'était le cas pour la fermentation entérique, les émissions moyennes estimées pour les bovins laitiers et les 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 +69 % 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 -7 % à une augmentation de 9 %, bien qu'il est probable qu'il y ait eu une augmentation des émissions d'environ 6 %. 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 du fumier liquide 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 est 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 du fumier liquide 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 du fumier, et notamment dans le cas des bovins de boucherie.

Dans l'ensemble, la plage d'incertitude des émissions provenant de la gestion des fumiers, établie par la présente analyse, est légèrement inférieure à celles 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 au modèle de 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 dérivant 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 le modèle.

A3.3.5. Émissions d'oxyde de diazote (N_2O) attribuables à la gestion des fumiers

Les émissions de N_2O attribuables aux systèmes de gestion des fumiers découlent de la minéralisation des matières organiques, ainsi que de la nitrification et de la dénitrification de l'azote minéral. Trois facteurs sont nécessaires pour estimer, à l'aide de la méthode de niveau 1 du GIEC, les émissions de N_2O attribuables à ces systèmes : i) les taux d'excrétion d'azote pour les diverses catégories et sous-catégories d'animaux, ii) les types de systèmes de gestion des fumiers et iii) les coefficients d'émission associés à chacun des systèmes de gestion des fumiers (Équation A3–26).

Équation A3–26:

$$N_2O_{SGF} = \sum_i \sum_{SGF} \left(N_T \times N_{i,SGF} \times N_{EX,T} \times CE_{SGF}\right) \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{SGF}	=	émissions pour tous les SGF et toutes les provinces, sauf les émissions d'azote provenant du fumier dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, en kg de N_2O/an
N_T	=	population de la T^{ième} catégorie ou sous catégorie d'animal dans une province i (section A3.3)
N_{SGF}	=	pourcentage d'azote traité par chaque SGF dans une province i, fraction (Tableau A3–23)
$N_{EX,T}$	=	taux d'excrétion d'azote de la T^{ième} catégorie ou sous catégorie d'animal (Tableau A3–28 pour les non bovins et Tableau A3–27 pour les bovins), en kg de N/animal/an
CE_{SGF}	=	coefficients d'émission de N_2O attribuables à la gestion des fumiers pour chaque SGF particulier (annexe 8), en kg de N_2O-N/kg de N
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O

Le Tableau A3–23 résume la distribution des systèmes de gestion des fumiers, par catégorie d›animal, au Canada. Les émissions de N_2O provenant des fumiers épandus sur les pâturages, dans les parcours et dans les enclos ne sont pas prises en compte ici puisqu'elles sont déclarées dans la catégorie des sols agricoles, voir la section A3.3.6.2. La section A3.3.1 présente en détail les données sur les animaux.

A3.3.5.1. Taux d'excrétion d'azote pour diverses espèces d'animaux d'élevage

Le taux d'excrétion d'azote du fumier de bovins varie selon la sous-catégorie animale et aussi en fonction de la série chronologique, à cause de l'augmentation du poids des animaux. Les valeurs annuelles du poids vif (voir la section A3.3.2) ont été multipliées par le taux d'excrétion d'azote par défaut du GIEC pour donner une série chronologique des taux d'excrétion d'azote provenant du fumier (Tableau A3–27). Les taux d'excrétion annuels d'azote provenant du fumier d'animaux d'élevage autres que les bovins, selon les valeurs par défaut de niveau 1 du GIEC (GIEC,2006), varient selon la catégorie d'animaux d'élevage. Le taux d'excrétion associé à la volaille est élevé (Tableau A3–28), alors que les chevaux et les bisons présentent les plus faibles taux d'excrétion. Cependant, sur une base individuelle, les bisons sont les plus importants producteurs d'azote dans la catégorie des animaux autres que les bovins. Dans le cas des bovins, les vaches laitières présentent des taux d'excrétion très élevés à cause des besoins en matière de protéines pour assurer la production soutenue de lait.

A3.3.5.2. Coefficients d'émission associés aux SGF

Le type de SGF a une incidence considérable sur les émissions de N_2O. Les systèmes moins aérés, comme les systèmes liquides, génèrent peu de N_2O, tandis que le stockage solide et le fumier des pâturages et des enclos en produisent davantage. Cependant, on ne dispose au Canada que de fort peu de données scientifiques sur le volume des émissions de N_2O 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 8 pour estimer ces émissions.

A3.3.6. Émissions d'oxyde de diazote (N_2O) des sols agricoles

Les émissions de N_2O provenant des sols agricoles se composent d'émissions directes et indirectes, ainsi que

Tableau A3–27 Série chronologique des taux d'excrétion d'azote provenant du fumier pour les espèces bovines (kg de N/animal/année)[1]

Année	kg de N/animal/année							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses	Génisses prêtes pour l'abattage	Bouvillons	Veaux
1990	102,4	53,7	88,0	57,2	44,5	45,1	48,4	26,6
1991	102,4	53,7	92,6	58,3	45,4	45,1	48,7	26,5
1992	102,4	53,7	96,8	61,6	47,6	51,6	53,9	26,5
1993	102,5	53,6	98,0	62,9	48,4	52,5	54,1	26,5
1994	102,5	53,6	95,2	64,1	49,4	54,6	56,5	26,5
1995	102,5	53,6	98,8	63,7	49,2	55,2	56,9	26,5
1996	102,5	53,6	94,2	61,7	47,5	54,1	56,2	26,5
1997	102,5	53,6	92,2	62,3	48,2	55,3	56,8	26,5
1998	102,5	53,7	98,1	64,7	50,0	57,7	58,7	26,5
1999	102,4	53,6	101,3	66,4	51,3	58,6	59,1	26,5
2000	102,4	53,6	102,9	69,4	53,4	62,7	60,4	26,5
2001	102,4	53,7	101,7	70,5	54,3	61,1	61,0	26,5
2002	102,4	53,7	101,6	71,4	55,0	61,5	61,6	26,5
2003	102,5	53,8	101,9	71,7	55,1	61,7	61,9	26,5
2004	102,5	53,7	101,9	66,9	51,2	61,5	61,7	26,5
2005	102,5	53,7	101,9	67,2	51,4	60,9	61,2	26,5
2006	102,4	53,7	102,0	68,0	51,9	61,6	62,2	26,5
2007	102,4	53,6	101,9	68,2	52,1	61,9	62,3	26,5
2008	102,4	53,7	101,9	68,8	52,6	62,2	62,4	26,5
2009	102,5	53,7	106,6	67,8	51,9	62,0	62,5	26,5
2010	102,5	53,6	112,0	68,0	52,0	62,0	63,0	26,5
2011	102,5	53,6	102,9	63,8	48,7	61,6	64,7	26,5

Note :

1. Le taux d'excrétion d'azote pour les bovins laitiers est de 0,44 kg de N-1000 kg $^{-1}$-jour^{-1} (GIEC, 2006; tableau 10.10); le taux d'excrétion d'azote pour les autres espèces de bovin est de 0,31 kg de N-1000 kg^{-1}-jour^{-1} (GIEC, 2006; tableau 10.10). Source des données : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Tableau A3–28 Taux d'excrétion d'azote provenant du fumier pour les espèces non bovines

Catégorie d'animaux	Taux d'excrétion d'azote[1] (kg de N/1000 kg/jour)	Poids corporel moyen[2] (kg)	Taux d'excrétion annuel d'azote par le fumier (kg de N/animal/année)
Porcs	0,5	61	11,1
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 alpacas	0,42	112	17,2
Bisons	0,32	510	59,5
Poules	0,83	1,8	0,5
Poulets à griller	1,1	0,9	0,4
Dindes	0,74	6,8	1,8

Notes :
1. Source des données : GIEC (2006).
2. On a présumé que le poids vif moyen des bisons était égal à celui des bouvillons et qu'il a varié d'une année à l'autre.

d'émissions provenant du fumier présent dans les pâturages, les grands parcours et les enclos. Les émissions de N_2O provenant des apports anthropiques d'azote empruntent des voies directes (p. ex. à partir des sols auxquels on ajoute de l'azote) et indirectes, soit i) par le biais de la volatilisation des engrais azotés synthétiques et des fumiers

sous forme de NH_3 et de NO_x et de leur dépôt subséquent, soit ii) par le biais de la lixiviation et du ruissellement de l'azote.

A3.3.6.1. Émissions directes de N_2O des sols

Les sources directes d'émissions attribuables aux sols agricoles sont les engrais synthétiques, le fumier épandu à titre d'engrais, la décomposition des résidus de culture et la décomposition de la matière organique du sol causée par les pratiques de travail du sol, les jachères, l'irrigation et la culture des histosols. Les coefficients d'émission de N_2O, pour la plupart des sources d'émissions directes, sont particulières aux pays et tiennent compte des effets des régimes d'humidité, de l'emplacement du paysage et de la texture du sol sur les taux de production et d'émission de N_2O (Rochette et al., 2008).

La méthode adoptée consiste à déterminer les coefficients d'émission de base « CE_{BASE} » pour chacun des 449 écodistricts[6], en utilisant les données à long terme des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle. Le CE_{BASE} est par la suite être modifié pour tenir compte des pratiques et des conditions propres à un site. Nous avons utilisé les données sur les valeurs climatologiques normales à long terme et les caractéristiques topographiques pour élaborer un CE_{BASE} (Équation A3–27).

Équation A3–27:

$$CE_{BASE} = CE_{CT,\ \frac{P}{EP}=1} \times F_{TOPO} + CE_{CT} \times (1 - T_{TOPO})$$

où :

CE_{BASE}	=	coefficient d'émission, estimé à un P/EP réel en tenant compte du régime d'humidité et de la topographie dans un écodistrict, en kg de N_2O N/kg de N (Figure A3–2)
$CE_{CT,\ P/PE}$	=	coefficient d'émission de 0,017 estimé à P/EP = 1, kg de N_2O N/kg de N épandu
F_{TOPO}	=	fraction de la superficie de l'écodistrict dans la section inférieure de la toposéquence
P	=	précipitations moyennes à long terme pendant la saison de croissance, de mai à octobre, dans un écodistrict, en mm
EP	=	précipitations moyennes à long terme pendant la saison de croissance, de mai à octobre, dans un écodistrict, en mm

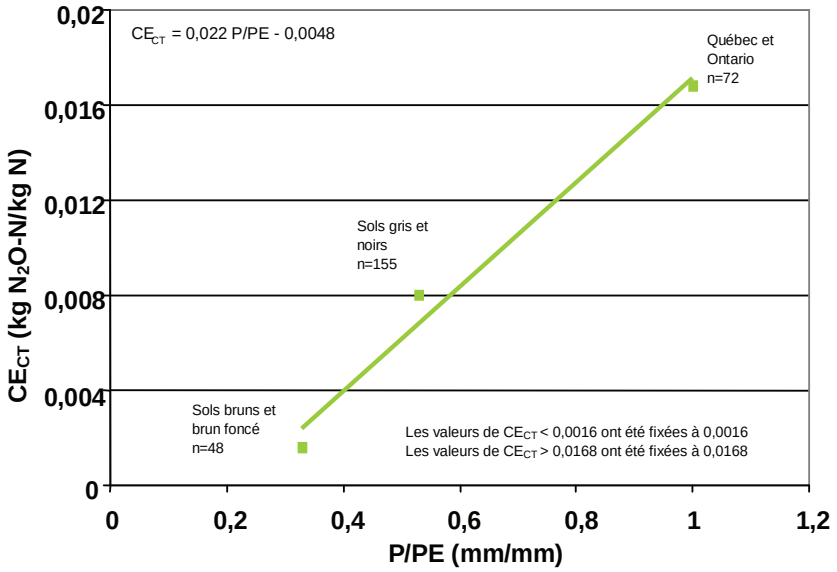
6 Un « écodistrict » représente un niveau du Cadre écologique national du Canada. Le pays compte 1 027 écodistricts, caractérisés par un assemblage distinct de reliefs, de modelés, de formations géologiques, de sols, de végétation, de plans d'eau et d'animaux.

Coefficient d'émission de N_2O de base (CE_{BASE})

L'oxyde de diazote étant principalement produit lors de la dénitrification, il est donc fortement influencé par l'état de l'oxygène dans le sol. C'est ainsi qu'il a été montré que, dans des conditions limitées d'humidité, les coefficients d'émission de N_2O augmentent de pair avec l'intensification des chutes de pluie (Dobbie *et al.*, 1999), et que des coefficients d'émission variables selon le climat ont été utilisés pour estimer le N_2O présent dans le sol (Flynn *et al.*, 2005). De même, cette méthode permet d'estimer les coefficients d'émission (y compris les émissions survenant pendant l'hiver et le dégel printanier) à l'échelle de l'écodistrict, en fonction du rapport entre les normales à long terme des précipitations et l'évapotranspiration potentielle (P/EP) de mai à octobre (Figure A3–2). Pour établir le CE_{BASE}, on a procédé de la même façon que pour la détermination du coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC par Bouwman (1996), c'est-à-dire que l'élément CE_{BASE} est égal à la pente de la relation entre les émissions de N_2O et le taux d'engrais azotés. On a estimé l'élément CE_{BASE} pour les trois régions où l'on dispose de mesures du N_2O sur le terrain : Québec-Ontario, zones de sol brun-brun foncé des Prairies; zones de sol gris-noir des Prairies. Le rapport « sol/émissions de N_2O sur l'azote provenant des engrais » calculé pour la région Québec-Ontario présente une pente (0,012 kg de N_2O-N/kg de N) (Gregorich *et al.*, 2005) et un ajustement ($r^2 = 0,43$) similaires à ceux du coefficient de niveau 1 du GIEC calculé par Bouwman (1996) à partir de données mondiales. Dans la région des Prairies, on a mesuré des émissions de N_2O faibles et variables pour toute la plage des taux d'engrais azotés (sols bruns-brun foncé = 0,0016 kg de N_2O-N/kg de N; sols gris-noirs = 0,008 kg de N_2O-N/kg de N). Il ressort de ces observations que la production de N_2O attribuable aux sols dans la région des Prairies n'est pas restreinte par la disponibilité d'azote minéral, mais plutôt par la faible activité de dénitrification dans des conditions de sol bien aéré. Malgré l'incertitude que présente la détermination de coefficients d'émission dans la région des Prairies, cette approche semble être valable pour comptabiliser les émissions de N_2O limitées par l'influence des quantités limitées d'eau dans cette région.

Pour tenir compte de l'effet topographique, un CE_{BASE} de 0,017 kg de N_2O-N/kg de N épandu (CE_{BASE} à P/EP = 1) a été utilisé pour les sections inférieures des paysages. La fraction du paysage à laquelle cette condition s'appliquait diffère selon les types de paysage. On a intégré les données sur la segmentation des paysages au calcul des

Figure A3–2 CE_{CT} en fonction du rapport à long terme des précipitations sur l'évapotranspiration potentielle (P/EP), de 1971 à 2000



estimations nationales des émissions de N_2O, en se basant sur le fait que les émissions de N_2O sont plus élevées dans les sections inférieures du paysage des Prairies, où le sol est saturé par intermittence, ce qui créé des conditions 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 inférieures (F_{TOPO}) a été appliquée aux portions concaves du paysage (c'est-à-dire, les positions inférieures et dépressionnaires du paysage), où les sols sont probablement régulièrement saturés pendant de longues périodes, et où ils sont drainés de façon imparfaite, et comportent des marbrures[7] à moins de 50 cm de la surface. MacMillan et Pettapiece (2000) se sont servis de modèles altimétriques numériques pour caractériser l'étendue aréale des portions supérieures, médianes, inférieures et dépressionnaires du paysage ainsi que leurs caractéristiques connexes (pente et longueur). Les résultats obtenus ont servi à déterminer la répartition proportionnelle des différents éléments du relief (p. ex. les sections inférieures) dans le fichier des caractéristiques des pédo-paysages du Canada (PPC) afin d'établir à quelle proportion du paysage on devait appliquer la valeur F_{TOPO} pour estimer les émissions de N_2O (Rochette *et al*., 2008).

7 Les marbrures sont le produit de cycles intermittents d'oxydation ou de réduction du fer (en général) présent dans le profil du sol. La présence, la taille et la couleur des marbrures sont des indications des matériaux constitutifs du sol saturé par intermittence pendant des périodes significatives.

Émissions de N_2O pendant l'hiver et le dégel printanier

Dans l'Est du Canada, on mesure sur le terrain les flux de N_2O 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). L'eau de la fonte des neiges crée des conditions d'humidité qui stimulent souvent la production de N_2O dans les sols (Grant et Pattey, 1999; Wagner-Riddle et Thurtel, 1998). L'intensité du gel des sols en hiver influe également, semble-t-il, sur le taux d'émission au printemps (Wagner-Riddle *et al*., 2007). La décision de limiter les estimations d'émissions aux périodes exemptes de neige conduit donc à sous-estimer les émissions annuelles totales de N_2O dans cette région. Rochette *et al.* (2008) font état de taux moyens d'émission de N_2O pendant l'hiver et le dégel printanier atteignant 1,2 kg de N_2O-N ha^{-1} dans le sud de l'Ontario (Wagner-Riddle *et al*., 2007; Wagner-Riddle et Thurtell, 1998); ces émissions ont été prises en compte dans le rapport entre CE_{CT} et P/EP illustré à la Figure A3–2.

Des émissions de N_2O peuvent également être produites pendant la fonte printanière dans les Prairies, mais elles sont habituellement moins importantes que celles observées dans l'est du Canada (Lemke *et al*., 1999). Les mesures de flux en enceinte utilisées pour estimer l'élément CE_{CT} dans les Prairies comprennent les émissions

du dégel printanier, car la faible accumulation de neige dans cette région permet d'installer des enceintes au cours de cette période. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de rajuster l'élément CE_{CT} pour tenir compte des émissions du dégel printanier dans les Prairies.

On dénombre 958 stations météorologiques dans la base de données météorologiques archivées d'AAC[8]. Les données de ces stations (80°00'N-41°55'N, 139°08W-52°40W) du Canada (758 stations) et des 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. Les données météorologiques canadiennes ont été fournies par le Service météorologique du Canada d'Environnement Canada.

Texture du sol et émissions de N_2O

La texture du sol n'influe pas directement sur la production de N_2O dans le sol. Il existe toutefois une corrélation entre ce paramètre et divers autres paramètres physiques et chimiques qui influent sur la production et le transport du N_2O dans le profil du sol (Arrouays *et al.*, 2006; da Sylva et Kay, 1997; Minasny *et al.*, 1999). Ainsi, on observe souvent une corrélation entre les variables liées à la texture du sol et les émissions de N_2O des sols agricoles (Hénault *et al.*, 1998; Corre *et al.*, 1999; Chadwick *et al.*, 1999; Bouwman *et al.*, 2002; Freibauer, 2003).

On a tenu compte de l'incidence de la texture du sol sur les émissions de N_2O des sols agricoles dans le coefficient d'émission en utilisant un rapport ($CR_{TEXTURE}$) 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 textures (Équation A3–28). Une valeur de 0,8 a été attribuée à la classe $CR_{TEXTURE\text{-}GROSSIÈRE}$ et à la classe $CR_{TEXTURE\text{-}MOYENNE}$, et de 1,2 à la classe $CR_{TEXTURE\text{-}FINE}$ (Rochette *et al.*, 2008). Les valeurs de $CR_{TEXTURE}$ dans les régions autres que le Québec, l'Ontario et les provinces de l'Atlantique n'ont pu être estimées. On peut s'attendre à ce que la texture du sol n'ait qu'un effet limité sur les émissions de N_2O ($CR_{TEXTURE}$ =1) sous les climats secs qui caractérisent par exemple la région des Prairies, où la teneur en humidité du sol conduit à de faibles émissions de N_2O, quelle que soit la texture du sol.

Équation A3–28:

$$CR_{TEXTURE_i} = \left(CR_{TEXTURE-FINE,i} \times FRAC_{TEXTURE-FINE,i}\right) + \left(FRAC_{TEXTURE-GROSSIÈRE,i} \times FRAC_{TEXTURE-GROSSIÈRE,i}\right) + \left(CR_{TEXTURE-MOYENNE,i} \times FRAC_{TEXTURE-MOYENNE,i}\right)$$

où :

$CR_{TEXTURE,i}$	=	coefficient de rapport pondéré de la texture du sol sur les émissions de N_2O pour un écodistrict i de l'Ontario, du Québec ou des provinces de l'Atlantique
$CR_{TEXTURE\ FINE,\ i}$	=	coefficient de rapport des émissions de N_2O pour les sols à texture fine dans un écodistrict i donné
$FRAC_{TEXTURE\ FINE,\ i}$	=	fraction des sols à texture fine dans un écodistrict i
$CR_{TEXTURE\ GROSSIÈRE,\ i}$	=	coefficient de rapport des émissions de N_2O pour les sols à texture grossière dans un écodistrict i donné
$FRAC_{TEXTURE\ GROSSIÈRE,\ i}$	=	fraction des sols à texture grossière dans un écodistrict i
$CR_{TEXTURE\ MOYENNE,\ i}$	=	coefficient de rapport des émissions de N_2O pour les sols à texture moyenne dans un écodistrict i donné
$FRAC_{TEXTURE\ MOYENNE,\ i}$	=	fraction des sols à texture moyenne dans un écodistrict i

Fumier épandu comme engrais

Les émissions de N_2O émanant de l'azote de fumier épandu comme engrais comprennent le N_2O résultant de l'épandage de fumier sur les sols agricoles sous forme sèche, liquide et selon d'autres systèmes de gestion des déchets. On utilise une méthode de niveau 2 propre au Canada pour estimer des émissions de N_2O attribuables à l'azote du fumier épandu comme engrais. La méthode est fondée sur la quantité d'azote du fumier produit par les animaux d'élevage (section A3.3.4.8) et sur le CE_{BASE} propre à chaque pays, en tenant compte des conditions topographiques et du régime d'humidité au niveau de l'écodistrict. Les estimations des émissions de N_2O attribuables à cette source sont calculées à l'aide de l'Équation A3–29.

8 Gameda, S. Communication personnelle, Agriculture et Agroalimentaire Canada (2006).

Équation A3–29:

$$N_2O_{FUM} = \sum_i \left(N_{FUM-TC,i} \times CE_{BASE,i} \times CR_{TEXTURE,i}\right) \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{FUM}	=	émissions provenant de l'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables, en kg de N_2O/an
$CE_{BASE,i}$	=	coefficient d'émission moyen pondéré pour un écodistric i, tenant compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques, en kg de N_2O-N/kg de N par an
$CR_{TEXTURE,i}$	=	coefficient de rapport entre la texture du sol et le N_2O pour l'écodistrict i
44/28	=	coefficient de conversion de N_2O-N en N_2O

La quantité de fumier animal épandu comme engrais à l'échelle d'un écodistrict a été calculée à l'aide de l'Équation A3–30. On a supposé que tout le fumier, à l'exclusion du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcours et les enclos, était épandu sur des terres cultivables.

Équation A3–30:

$$N_{FUM-TC,i} = \sum_i \left[\left(N_T \times N_{EX,T}\right) \times \left(1 - N_{PRP,T}\right) \times \left(1 - FRAC_{(PerteM,T)}\right)\right]$$

où :

$N_{FUM-TC,i}$	=	fumier épandu comme engrais azoté sur les terres cultivables dans un écodistrict i, en kg de N/an
N_T	=	population pour la catégorie ou sous catégorie d'animaux T, nombre d'animaux
$N_{EX,T}$	=	taux d'excrétion d'azote de la catégorie ou sous catégorie d'animaux (Tableau A3–27 et Tableau A3–28), en kg de N/animal/année
$N_{PRP,T}$	=	fraction de l'azote du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcours et les enclos pour chaque catégorie ou sous catégorie d'animaux T dans un écodistrict i (Tableau A3–23)
$FRAC_{(PerteM,T)}$	=	fraction des pertes d'azote du fumier (volatilisation, lixiviation, 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 A3–29)

Les sources de données sur la population d'animaux et les rajustements de population sont détaillés à la section A3.3.1. Les populations annuelles d'animaux d'élevage

Tableau A3–29 Pertes totales d'azote, de NH_3- et de NO_x-N, pour divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers[1]

Catégorie d'animaux	Systèmes de gestion des fumiers	$FRAC_{(PerteM, T)}$ (%)[1]	Perte de NH_3-N et de NO_x-N (%)[1, 2] ($FRAC_{GASM}$)
Vaches laitières	Liquide	40 (15–45)	40 (15–45)
	Stockage du fumier solide	35 (10–55)	25 (10–40)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Bovins non laitiers	Liquide	40 (15–45)	40 (15–45)
	Stockage du fumier solide	40 (20–50)	30 (20–50)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Porcs	Liquide	48 (15–60)	48 (15–60)
	Stockage du fumier solide	50 (20–70)	45 (10–65)
Moutons, agneaux, lamas et alpacas	Stockage du fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Chèvres et chevaux	Stockage du fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Volaille	Liquide	50	50
	Stockage du fumier solide	53 (20–80)	48 (10–60)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)

Notes:
1. Les chiffres entre parenthèses indiquent une plage de valeurs.
2. Source des données : Hutchings et al. (2001); EPA (2004); Rotz (2004).

pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'animaux, à l'échelle provinciale, sont réparties par écodistrict, selon les données sur la distribution des populations d'animaux d'élevage du *Recensement de l'agriculture*. La population des animaux d'élevage à l'échelle de l'écodistrict, entre deux années de recensement consécutives, est rajustée par interpolation.

Engrais azotés synthétiques

La méthode pour estimer les émissions de N_2O résultant de l'épandage d'engrais synthétiques sur les sols agricoles tient compte des régimes d'humidité ainsi que des conditions topographiques locales. On estime les émissions de N_2O par écodistrict au moyen de l'Équation A3–31. On obtient les émissions provinciales et nationales en additionnant les estimations par écodistrict.

Équation A3–31:

$$N_2O_{ESA} = \sum_i (N_{ENG,i} \times CE_{BASE,i} \times CR_{TEXTURE,i}) \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{ESA}	=	émissions provenant des engrais synthétiques azotés, kg de N_2O/an
$N_{ENG,i}$	=	consommation totale d'engrais synthétiques dans chaque écodistrict i, kg de N/an. Le NENG au niveau d'un écodistrict est estimé à l'aide de l'Équation A3–35
$CE_{BASE,i}$	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour l'écodistrict i, tenant compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques, kg de N_2O-N/kg de N an
$CR_{TEXTURE,i}$	=	coefficient de rapport entre la texture du sol et les émissions de N_2O pour l'écodistrict i
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O

Les données relatives aux ventes d'engrais contenant de l'azote synthétique sont disponibles par province seulement et ont été réparties par écodistrict. L'approche est fondée sur l'hypothèse que la quantité potentielle d'engrais épandu contenant de l'azote synthétique (N_{APPL}) est égale à la différence entre les taux d'azote recommandés (N_{RCMD}) et l'azote de fumier disponible pour être épandu sur des terres cultivées ($N_{FUM\text{-}D,TC}$).

Équation A3–32:

$$N_{APPL,\,i} = N_{RCMD,\,i} - N_{FUM\text{-}D,\,TC,i}$$

où :

$N_{APPL,i}$	=	quantité totale d'engrais azoté potentiellement épandu dans un écodistrict i, kg de N/an
$N_{RCMD,i}$	=	épandage recommandé d'engrais dans un écodistrict i, kg de N/an
$N_{FUM\text{-}D,TC,i}$	=	azote disponible du fumier épandu sur les terres en culture dans un écodistrict i, kg de N/an

Compte tenu 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 A3–33:

$$N_{RCMD,i} = \sum_{ij} (CROPA_{ij} \times N_{RECRT,i})$$

où :

$CROPA_{ij}$	=	superficie du type de culture j dans un écodistrict i, en ha
$N_{RECRTij}$	=	taux recommandé d'épandage d'azote pour le type de culture j dans un écodistrict i, en kg de N/ha par an

L'élément $N_{FUM\text{-}D,TC}$ a été calculé comme la somme de la totalité de l›azote provenant du fumier de tous les animaux de ferme se trouvant dans l›écodistrict :

Équation A3–34:

$$N_{FUM\ -\ D,\ TC,\ i} = N_{FUM,\ TC,\ i} \times (1 - UNAV)$$

où :

$N_{FUM,TC,i}$	=	quantité totale d'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict i, en kg de N/an
UNAV	=	fraction de l'azote du fumier qui est soit sous forme organique soit non disponible pour les cultures : 0,35 (Yang et al., 2007).

Comme il importe d'assurer la concordance de la quantité potentielle d'engrais et de la quantité totale de cet engrais vendue dans la province (N_{VENTES}) pour estimer la quantité

effectivement épandue (N_{ENG}), nous ajustons comme suit la valeur de N_{APPL} dans chaque écodistrict :

Équation A3–35:

$$N_{ENG,i} = N_{APPL,i} \times \left[\frac{\left(\sum_{ip} N_{APPL,i} \right)}{N_{VENTES,p}} \right]$$

où :

$N_{ENG,i}$	=	quantité totale d'engrais azoté effectivement épandue sur l'ensemble des cultures dans un écodistrict i, en kg
$N_{APPL,i}$	=	quantité totale d'engrais azoté potentiellement épandue sur l'ensemble des cultures dans un écodistrict i, en kg
$N_{VENTES,p}$	=	quantité totale d'engrais azotés vendue dans une province p, en kg

Pour les années situées entre deux années de recensement (p. ex. 1991, 1996, 2001 et 2006), on a interpolé l'élément N_{RCMD} de façon linéaire afin d'estimer successivement les valeurs annuelles de N_{APPL} et de N_{ENG} à l›échelle de l›écodistrict. L'utilisation d'engrais azotés synthétiques a augmenté de façon significative au Canada, passant de 1,2 Mt à 2 Mt d'azote depuis 1990, principalement à cause de l›intensification des systèmes culturaux (Figure A3–3).

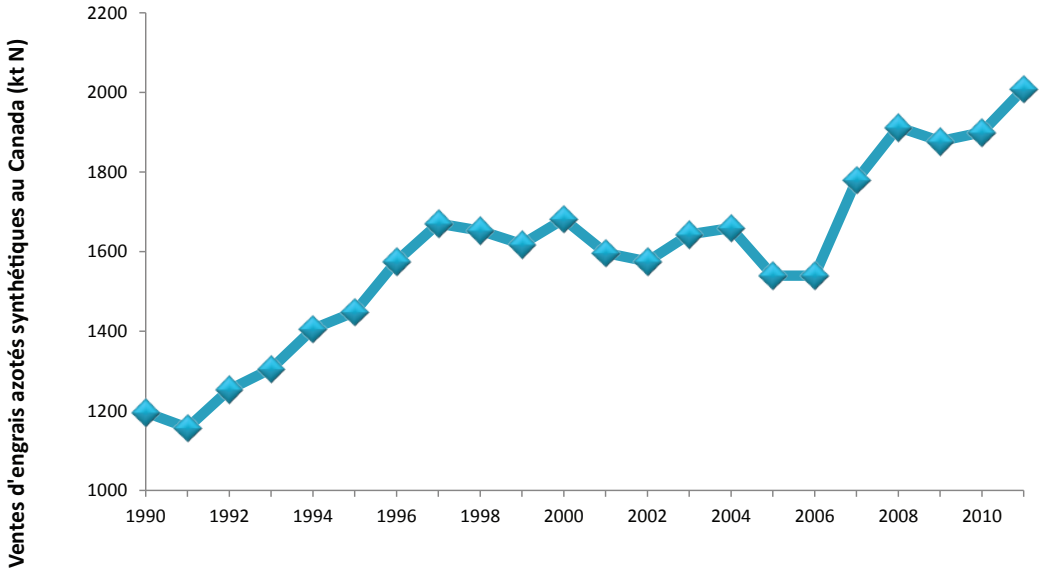
De 1990 à 2002, Agriculture et Agro-alimentaire Canada a recueilli des données annuelles sur la consommation d'engrais azotés à l'échelon provincial et publié un document intitulé *Consommation, livraison et commerce des engrais au Canada*. De 2003 à 2006, l'Institut canadien des engrais[9] (ICE) a recueilli et publié des données sur les engrais azotés. Enfin, depuis 2007, Statistique Canada recueille et publie chaque année des données sur les ventes d'engrais (Statistique Canada, 2012b).

Fixation de l'azote biologique

La fixation de l'azote biologique par l'association légumineuses-rhizobiums, une source importante de N_2O dans la version révisée des *Lignes directrices 1996 du GIEC* (GIEC/OCDE/AIE, 1997), n'est pas incluse dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006). Cette décision est étayée par les découvertes de Rochette et Janzen (2005), selon laquelle il n'existe aucune preuve que des quantités mesurables de N_2O soient produites dans les sols agricoles au Canada pendant le processus de fixation de l'azote lui-même. Le Canada a donc décidé de déclarer cette source comme « ne survenant pas ». Toutefois, la contribution de l'azote des légumineuses aux émissions de N_2O est incluse en tant que source d'émissions de N_2O attribuables à la décomposition des résidus de récolte sur les sols agricoles (N_{RES}).

9 Disponible en ligne : http://www.cfi.ca/Publications/Statistical_Documents.asp

Figure A3–3 Ventes d'engrais azotés synthétiques au Canada, de 1990 à 2011



Décomposition des résidus de récolte

Les transformations (nitrification et dénitrification) de l'azote libéré lors de la décomposition des résidus de récolte laissés sur place rejettent du N_2O dans l'atmosphère. On a utilisé une méthodologie de niveau 2 propre au Canada et semblable à celle utilisée pour les engrais azotés synthétiques et le fumier épandu comme engrais pour estimer les émissions de N_2O attribuables à la décomposition des résidus de récolte. Cette méthode repose sur les équations Équation A3–36, Équation A3–37 et Équation A3–38. La quantité d'azote 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 sectionA3.3.7).

Équation A3–36:

$$N_2O_{RES} = \sum_i (N_{RES,\ i} \times CE_{BASE,\ i} \times CR_{TEXTURE,\ i}) \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{RES}	=	émissions attribuables à la décomposition des résidus de récolte, en kg de N_2O/an
$CE_{BASE,i}$	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, tenant compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques, en kg de N_2O-N/kg de N par an
44/28	=	coefficient de conversion de N_2O-N en N_2O
$N_{RES,i}$	=	quantité totale d'azote des résidus de culture qui est laissée sur les terres cultivables pour un écodistrict i, excluant les pertes d'azote dues au brûlage des résidus, en kg de N/an (Équation A3–37)
$CR_{TEXTURE,i}$	=	coefficient de rapport entre la texture du sol de le N_2O pour un écodistrict i

et

Équation A3–37:

$$N_{RES,\ i} = \sum_{T,i} \left[P_{T,i} \times FRAC_{RENOU,\ T,\ i} \times \left(R_{AG,\ T} \times N_{AG,\ T} + R_{BG,\ T} \times N_{BG,\ T} \right) \right]$$

où :

$FRAC_{RENOU,T,i}$	=	fraction de la superficie totale cultivée T qui est renouvelée chaque année dans un écodistric i
$R_{AG,T}$	=	rapport entre les résidus en surface pour une culture T, en kg de matières sèches (MS)/kg
$N_{AG,T}$	=	teneur en azote des résidus en surface pour une culture T, en kg de N/kg de MS
$R_{BG,T}$	=	rapport entre les résidus souterrains et le rendement récolté d'une culture T, en kg/kg de MS
$N_{BG,T}$	=	teneur en azote des résidus souterrains pour une culture T, en kg de N/kg de MS
$P_{T,i}$	=	production totale du type de culture Tt qui est renouvelée chaque année dans un écodistric i, kg de MS/an (Équation A3–38).

Équation A3–38:

$$P_{T,i} = \frac{A_{T,i} \times Y_{T,i}}{\sum_{i=1}^{N} \left(A_{T,i} \times Y_{T,i} \right)} \times P_{T,p} \times (1 - H_2O_T)$$

où :

$A_{T,i}$	=	superficie d'une culture de type T dans un écodistrict i, en ha
$Y_{T,i}$	=	rendement moyen d'une culture de type T dans un écodistrict i, en kg/ha par année
H_2O_T	=	teneur en eau d'une culture de type T, en kg/kg
$P_{T,p}$	=	production totale d'une culture de type T dans une province p, en kg de MS/an

Statistique Canada (2011) (Statistique Canada n° 22-002) recueille et publie des données annuelles par province sur les 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 *Recensement de l'agriculture* et au niveau provincial, et les rendements ont été attribués aux polygones des pédo-paysages du Canada (PPC) au moyen de recouvrements de zone effectués par Agriculture et Agro-alimentaire Canada. Les paramètres qui s'appliquent

à chaque type de culture sont énumérés par Janzen *et al.* (2003).

Culture des sols organiques (histosols)

La culture des sols organiques (histosols) destinés aux récoltes annuelles produit du N_2O. On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC pour estimer les émissions de N_2O imputables aux sols organiques travaillés (Équation A3–39).

Équation A3–39:

$$N_2O_H = \sum_i (A_{SO,i} \times CE_{HIST} \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_H	=	émissions provenant des histosols cultivés, en kg de N_2O/an
$A_{so,i}$	=	superficie totale des sols organiques cultivés dans une province i, en ha
CE_{HIST}	=	coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les sols organiques situés à une latitude moyenne, 8,0 kg de N_2O-N/ha par an (GIEC, 2000)
44/28	=	coefficient de conversion de N_2O-N en N_2O

À l›échelle provinciale, les superficies d›histosols cultivées ne sont pas couvertes par le *Recensement de l'agriculture*. Selon des consultations avec de nombreux spécialistes des sols et des cultures dans tout le Canada, la superficie totale des sols organiques travaillés entre 1990 et 2011 au Canada est de 16 kha (Liang *et al.*,. 2004).

Variation des émissions de N_2O due 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 d'azote (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).

Des études réalisées sur le terrain au Québec et en Ontario ont montré que la culture sans labour a conduit à une augmentation des émissions de N_2O, alors que l'inverse s'est produit dans les Prairies (Gregorich *et al.*, 2005). Pour quantifier l'incidence des pratiques de travail du sol sur les émissions de N_2O, on utilise un coefficient de rapport (F_{TS}) correspondant au ratio des flux moyens de N_2O dans les sols CSL ou TRS sur les flux moyens de N_2O dans les sols TI (N_2O_{CSL}/N_2O_{TI}) comme suit (Rochette *et al.*, 2008) :

Équation A3–40:

$$N_2O_s = \sum \left[(N_{ENG,i} + N_{FUM,TC,i} + N_{RES,i}) \times \left(CE_{BASE,i} \times FRAC_{CSL-TRS,i} \times (F_{TS} - 1) \right) \right] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_S	=	variation des émissions de N_2O attribuable à l'adoption des pratiques CSL et TRS, en kg de N_2O/an
$N_{ENG,i}$	=	consommation totale d'engrais synthétiques dans chaque écodistrict i, kg de N/an
$N_{FUM,TC,i}$	=	quantité totale d'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict i, en kg de N/an
$N_{RES,i}$	=	quantité totale d'azote des résidus de culture qui est laissée sur les terres cultivables pour un écodistrict i, en kg de N/an
$CE_{BASE,i}$	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, tenant compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques, en kg de N_2O-N/kg de N par an
$FRAC_{CSL-TRS,i}$	=	fraction des terres cultivables en régime CSL et TRS dans un écodistrict i
F_{TS}	=	facteur rajustant le CE_{BASE} en raison de l'adoption de CSL et de TRS : F_{TS} = 1,1 dans l'est du Canada; F_{TS} = 0,8 dans les Prairies (Rochette et al., 2008)
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O

La fraction des terres cultivées soumises aux pratiques CSL et TRS ($FRAC_{CSL-TRS}$) dans chacun des écodistricts a été obtenue à partir du *Recensement de l'agriculture* 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 3 sur les terres cultivées, à l'annexe 3.4). Les données sont publiées à l'échelon de la région agricole du recensement, du secteur de recensement, à l'échelon provincial et à l'échelon national. La $FRAC_{CSL-TRS}$ annuelle entre les deux années de recensement consécutives est interpolée.

Émissions de N_2O imputables aux jachères

La jachère est une méthode agricole couramment utilisée dans la région des Prairies pour conserver l'humidité du sol en laissant celui-ci non ensemencé pendant toute une

saison de croissance dans le cadre de la rotation des cultures. Durant l'année de jachère, aucun engrais ou fumier n'est épandu. Plusieurs facteurs, comme l'augmentation de la teneur en humidité du sol, la température, le carbone et l'azote disponibles, peuvent contribuer à une augmentation des émissions de N_2O par rapport à une situation de culture. Des études sur le terrain ont montré que les émissions de N_2O issues des champs en jachère sont semblables aux émissions provenant des champs qui sont constamment cultivés (Rochette *et al*., 2008). Pour prendre en compte ces émissions qui n'interviennent pas dans la méthode par défaut du GIEC fondée sur l'apport, nous utilisons la méthode suivante particulière au pays pour estimer l'effet de la jachère sur les émissions de N_2O. Pendant une année agricole, les émissions directes de N_2O provenant d'un champ donné se résument comme suit :

Équation A3–41:

$$N_2O_{CULTURE} = N_2O_{BASE} + N_2O_{ESA} + N_2O_{FUM} + N_2O_{RES}$$

où :

$N_2O_{CULTURE}$	=	émissions attribuables à une rotation des cultures, kg de N_2O/an
N_2O_{ESA}	=	émissions provenant des engrais synthétiques azotés, kg de N_2O/an
N_2O_{FUM}	=	émissions provenant de l'épandage de fumier d'animaux comme engrais, kg de N_2O/an
N_2O_{RES}	=	émissions attribuables à la décomposition des résidus de récolte, en kg de N_2O/an
N_2O_{BASE}	=	émissions de base de N_2O du sol qui ne sont pas dues à l'azote des résidus de culture, à l'azote des engrais ou à celui provenant des épandages de fumier.

En l'absence d'apports externes d'azote, les émissions de N_2O au cours de l'année de jachère ($N_2O_{JACHÈRE}$) peuvent être considérées comme formées de : i) les émissions de base qui auraient eu lieu malgré la jachère (N_2O_{BASE}) et ii) les émissions attribuables aux modifications de l'environnement du sol par la jachère ($N_2O_{EFFET\text{-}JACHÈRE}$) :

Équation A3–42:

$$N_2O_{JACHÈRE} = N_2O_{BASE} + N_2O_{EFFET-JACHÈRE}$$

On calcule ainsi les émissions de N_2O découlant de la pratique de la jachère pour chacun des écodistricts en appliquant les émissions dues aux apports d'azote aux cultures annuelles (résidus de culture, engrais et fumier) à la superficie de ces écodistricts mise en jachère :

Équation A3–43:

$$N_2O_{ESA} + N_2O_{FUM} + N_2O_{RES} = N_2O_{EFFET\text{-}JACHÈRE}$$

On calcule ainsi les émissions de N_2O découlant de la pratique de la jachère pour chacun des écodistricts en appliquant les émissions dues aux apports d'azote aux cultures annuelles (résidus de culture, engrais et fumier) à la superficie de ces écodistricts mise en jachère :

Équation A3–44:

$$N_2O_{JACHÈRE} = \sum_i \left[(N_2O_{ESA,\,i} + N_2O_{RES,\,i} + N_2O_{FUM,\,i}) \times FRAC_{JACHÈRE,\,i} \right]$$

où :

$N_2O_{JACHÈRE}$	=	émissions attribuables à l'effet de la jachère, kg de N_2O/an
$N_2O_{ESA,i}$	=	émissions attribuables aux engrais azotés synthétiques dans un écodistrict i, en kg de N_2O
$N_2O_{RES,i}$	=	émissions attribuables à la décomposition des résidus de récolte, en kg de N_2O/an, pour l'écodistrict i
$N_2O_{FUM,i}$	=	émissions attribuables au fumier épandu sur les terres cultivées dans un écodistrict i, en kg de N_2O
$FRAC_{JACHÈRE,i}$	=	fraction des terres cultivées d'un écodistrict i qui est en jachère

Les estimations de N_2O_{ESA}, de N_2O_{RES} et de N_2O_{FUM} à l›échelon d›un écodistrict sont établies à partir des quantités d›azote provenant des engrais synthétiques, de fumiers utilisés comme engrais et des résidus de cultures. La $FRAC_{JACHÈRE}$ est tirée du *Recensement de l'agriculture* pour chaque écodistrict et est identique à celle qui est utilisée dans la catégorie « terres cultivées dont la vocation n'a pas changé » du secteur ATCATF pour les jachères (voir la section 3 sur les terres cultivées, à l'annexe 3.4). La valeur $FRAC_{JACHÈRE}$ pour une année comprise entre deux années de recensement consécutives est rajustée par interpolation.

Émissions de N_2O attribuables à l'irrigation

L'augmentation de la teneur en eau lors de l'irrigation peut, à cause d'une plus grande activité biologique et

d'une aération réduite des sols, entraîner une augmentation des émissions de N_2O (Jambert *et al.*, 1997). Ainsi, des études ont montré que les plus fortes émissions de N_2O de sols agricoles du nord-ouest des États-Unis (Liebig *et al.*, 2005) et de l'ouest du Canada (Hao *et al.*, 2001a) ont été observées sur les terres irriguées, suivies des terres non irriguées et des pâturages. Il n'existe aucune étude sur le terrain comparant les émissions de N_2O des terres irriguées et des terres non irriguées au Canada. On a donc posé l'hypothèse que : 1) l'eau d'irrigation stimule la production de N_2O de la même manière que l'eau de pluie; 2) le volume d'irrigation permet d'éviter un déficit hydrique, c'est-à-dire que la quantité d'eau apportée par les précipitations plus celle apportée par l'irrigation équivalent à l'évapotranspiration potentielle dans les conditions locales (« précipitations + eau d'irrigation = évapotranspiration potentielle »); et 3) l'effet de l'irrigation sur les émissions de N_2O s'ajoute à celui de la zone non irriguée à l'intérieur d'un écodistrict. On a donc tenu compte de l'effet de l'irrigation sur les émissions de N_2O des terres agricoles à l'aide d'un CEBASE estimé avec un rapport P/EP de 1 (p. ex. CE_{BASE} = 0,017 N_2O-N kg de N) pour les zones irriguées d'un écodistrict :

Équation A3–45:

$$N_2O_{IRRI} = \sum_i \left[(N_{ENG,\,i} + N_{FUM,\,TC,\,i} + N_{RES,\,i}) \times (0{,}017 - CE_{BASE,\,i}) \times FRAC_{IRRI,\,i} \right] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{IRRI}	=	émission attribuables à l'irrigation, kg de N_2O/an
$N_{ENG,i}$	=	consommation totale d'engrais synthétiques dans chaque écodistrict i, kg de N/an
$N_{FUM,TC,i}$	=	quantité totale d'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict i, en kg de N/an
$N_{RES,i}$	=	quantité totale d'azote des résidus de culture qui est laissée sur les terres cultivables dans un écodistrict i, en kg de N/an
0,017		valeur attribuée à EF_{BASE} pour les terres irriguées, en kg de N_2O-N/kg de N-année
$CE_{BASE,i}$	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict i, tenant compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques, en kg de N_2O-N/kg de N par an
$FRAC_{IRRI,i}$	=	fraction des terres cultivables irriguées dans l'écodistrict i
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O

La $FRAC_{IRRI}$ est tirée des données du *Recensement de l'agriculture* pour chacun des écodistricts (voir la section 3 sur les terres cultivées, à l'annexe 3.4). Entre deux années de recensement, on rajuste cet élément par interpolation.

A3.3.6.2. Fumier épandu sur les pâturages, les grands parcours et les enclos réservés par les animaux au pacage

On estime les émissions de N_2O attribuables au fumier laissé sur les pâturages, les grands parcours et les enclos à l'aide de la méthode par défaut de niveau 1 du GIEC. La méthodologie du GIEC est fondée sur la quantité d'azote de fumier produite par les animaux d'élevage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos et on calcule les émissions de N_2O à l'aide de l'Équation A3–46.

Équation A3–46:

$$N_2O_{PRP} = \sum_T \left[(N_T \times N_{EX,T} \times N_{PRP,T} \times CE_{PRP,T}) \right] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{PRP}	=	émissions attribuables au fumier laissé dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux au pacage, en kg de N_2O/an, nombre d'animaux
N_T	=	population animale pour la catégorie ou sous-catégorie T dans une province
$N_{EX,T}$	=	taux annuel d'excrétion d'azote pour la catégorie ou sous-catégorie d'animal T, en kg de N/animal par année (Tableau A3–27 et Tableau A3–28)
$N_{PRP,T}$	=	fraction de l'azote du fumier excrété sur les pâturages, dans les parcours et dans les enclos par les animaux de la catégorie ou sous-catégorie T (Tableau A3–23).
$CE_{PRP,T}$	=	coefficient d'émission de l'azote de fumier laissé par dans les pâturages, les grands parcours et les enclos (GIEC, 2006) (annexe 8)
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O

Les sources des données sur les populations d'animaux sont présentées en détail à la section A3.3.1.

A3.3.6.3. Émissions indirectes de N_2O des sols

Volatilisation et dépôt d'azote

La méthode de niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N_2O attribuables à la volatilisation et au nouveau dépôt de l'azote des engrais et du fumier. On calcule les émissions à l'aide de l'Équation A3–47 :

Équation A3–47:

$$N_2O_{VD} = \sum_i \left[(N_{ENG,i} \times FRAC_{GASF}) + N_{FUM-VOLAT,i} + (N_{FUM,TC,i} \times FRAC_{GASM}) \right] \times CE_{VD} \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{VD}	=	émissions attribuables à la volatilisation et au dépôt de l'azote, en kg de N_2O/an
$N_{ENG,i}$	=	consommation d'engrais azotés synthétiques dans un écodistrict i, kg de N/an
$FRAC_{GASF}$	=	fraction de l'azote d'engrais synthétiques épandus sur les sols qui se volatilise sous forme de NH_3-N et de NO_x-N : 0,1 kg (NH_3-N + NO_x-N)/kg de N (GIEC/OCDE/AIE, 1997)
$N_{FUM,TC,i}$	=	fumier épandu comme engrais azoté sur les terres cultivables dans un écodistrict i, en kg de N/an (voir l'Équation A3–30)
$FRAC_{GASM}$	=	fraction volatilisée de l'azote du fumier épandu comme engrais sur les terres cultivées dans un écodistrict i : 0,2 kg (NH_3-N + NO_x-N)/kg de N (GIEC/OCDE/AIE, 1997)
CE_{VD}	=	coefficient d'émission attribuable à la volatilisation et au dépôt : 0,01 kg de N_2O-N/kg de N (GIEC/OCDE/AIE, 1997)
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O
$N_{FUM-VOLAT,i}$	=	quantité totale d'azote de fumier perdue sous forme de NH_3-N et de NO_x-N par suite des excrétions du bétail dans un écodistrict i, en kg de N (Équation A3–48)

Équation A3–48:

$$N_{FUM-VOLAT,i} = \sum_{mT} \left[(N_T \times N_{EX,T} \times SGF_{m,T} \times FRAC_{GASMm,T}) \right]$$

où :

N_T	=	population d'animaux de la catégorie ou sous-catégorie T, nombre d'animaux,
$N_{EX,T}$	=	excrétion d'azote par les animaux de la catégorie ou sous-catégorie T, en kg de N/année (Tableau A3–27 et Tableau A3–28).
$SGF_{m,T}$	=	fraction de l'azote de fumier des animaux de la catégorie ou sous-catégorie T gérée dans le cadre d'un système de gestion des fumiers m (Tableau A3–23)
$FRAC_{GASMm,T}$	=	fraction d'azote de fumier excrété par les animaux de la catégorie ou sous-catégorie T et gérée dans le cadre d'un système de gestion des fumiers m qui se volatilise sous forme de NH3-N et de NOx-N (Tableau A3–29)

Les sources des données utilisées pour estimer les valeurs N_{ENG} et $N_{FUM-VOLAT}$ à l›échelon d›un écodistrict ont été présentées plus haut (section A3.3.6.1 et Équation A3–40).

Lessivage et ruissellement

On estime les émissions indirectes de N_2O attribuables au lessivage, au ruissellement et à l'érosion de l'azote d'engrais, de l'azote de fumier et de l'azote de résidus de culture présents dans les sols agricoles à l'aide d'une méthode de niveau 1 modifiée du GIEC :

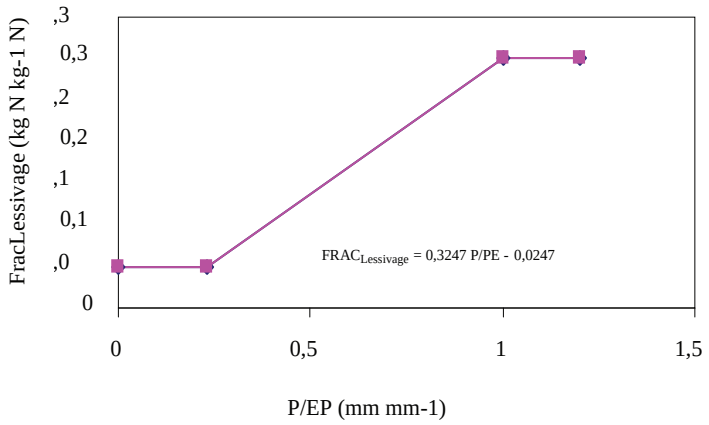
Équation A3–49:

$$N_2O_L = \sum_i \left[(N_{ENG,i} + N_{FUM,TC,i} + N_{PRP,i} + N_{RES,i}) \times FRAC_{LESSIVAGE,i} \times CE_{LESSIVAGE} \right] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_L	=	émissions attribuables au lessivage et au ruissellement d'azote, en kg de N_2O/an
$N_{ENG,i}$	=	engrais azotés synthétiques épandus dans un écodistrict i, en kg de N
$N_{FUM,TC,i}$	=	azote de fumier épandu comme engrais dans un écodistrict i, en kg de N
$N_{PRP,i}$	=	azote de fumier laissé dans les pâturages, les grands parcours et les enclos dans un écodistrict i, en kg de N
$N_{RES,i}$	=	azote de résidus de culture dans un écodistrict i, en kg de N
$FRAC_{LESSIVAGE,i}$	=	fraction de l'azote perdue par lessivage et ruissellement dans un écodistrict i, comme défini ci-dessous
$CE_{LESSIVAGE}$	=	coefficient d'émission attribuable au lessivage/ ruissellement : 0,025 kg de N_2O-N/kg de N (GIEC, 2000)
44/28	=	coefficient de conversion du N_2O-N en N_2O

Figure A3–4 Détermination des valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ pour l'écodistrict



Détermination de la fraction d'azote perdue par lessivage ($FRAC_{LESSIVAGE}$) à l'échelon de l'écodistrict au Canada

Au Canada, les pertes d'azote par lessivage varient considérablement d'une région à l'autre. Des apports d'azote élevés dans des conditions humides peuvent mener à des pertes supérieures à 100 kg de N/ha dans certains systèmes agricoles du sud de la Colombie-Britannique (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 d'azote. Il est possible que les pertes par lessivage dans la majeure partie des Prairies soient inférieures, les précipitations et les apports d'azote y sont moins importants par unité de surface. Une étude de longue durée menée au centre de l'Alberta par Nyborg *et al.* (1995) indique que les pertes par lessivage sont minimes. De plus, Chang et Janzen (1996) n'ont relevé aucune preuve de lessivage de l'azote dans des parcelles non irriguées et à fort épandage de fumier, et ce malgré d'importantes accumulations de nitrate dans le profil du sol.

Dans les *Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997), l'élément $FRAC_{LESSIVAGE}$ a une valeur par défaut de 0,3, mais cette valeur peut être aussi basse que 0,05 dans les régions où les quantités de pluie sont nettement inférieures à l'évapotranspiration potentielle (GIEC, 2006), comme dans la région des Prairies canadiennes. On pose donc l'hypothèse que la valeur $FRAC_{LESSIVAGE}$ varie, selon l'écodistrict, entre un minimum de 0,05 et un maximum de 0,3.

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 $FRAC_{LESSIVAGE}$ recommandée dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996 (GIEC, OCDE, AIE, 1997), soit 0,3. Pour les écodistricts affichant la plus faible valeur P/EP (0,23), une valeur minimale $FRAC_{LESSIVAGE}$ de 0,05 a été attribuée. Pour les écodistricts où la valeur P/EP variait entre 0,23 et 1, on a estimé l'élément $FRAC_{LESSIVAGE}$ à l›aide de la fonction linéaire qui relie les points de départ et d›arrivée (P/EP, $FRAC_{LESSIVAGE}$) = (,0,3; 0,23,0,05 (Figure A3–4).

Les sources des données utilisées pour le calcul des valeurs de N_{ENG} (section A3.3.6.1), $N_{FUM,TC}$ (section A3.3.6.1), N_{PRP} (section A3.3.6.2) et N_{RES} (section A3.3.6.1) à l'échelle de l'écodistrict sont indiquées dans les sections précédentes.

On a calculé la valeur $FRAC_{LESSIVAGE}$ à l›échelon d›un écodistrict en se servant des normales à long terme des précipitations et de l›évapotranspiration potentielles mensuelles, de mai à octobre, entre 1971 et 2000 (base de données archivées d›AAC.

A3.3.7. Émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au brûlage de résidus agricoles dans les champs

Au Canada, les résidus de récolte sont parfois brûlés, parce qu'il est pratique de le faire ou pour limiter la propagation de maladies par leur élimination. Toutefois, selon l'opinion d'experts, cette pratique a diminué en popularité depuis

Tableau A3–30 Brûlage des résidus de récolte selon les types de culture en 2006 (EGA, 2006)

	Blé de printemps	Blé d'hiver	Avoine	Orge	Grains mélangés	Graines de lin	Canola
	% de résidus de récolte brûlés (en poids)						
Terre-Neuve-et-Labrador	0	0	0	0	0	0	0
Île-du-Prince-Édouard	3	0	0	1	0	0	0
Nouvelle-Écosse	33	0	0	0	0	0	0
Nouveau-Brunswick	0	0	1	0	0	0	0
Québec	0	0	1	0	0	0	0
Ontario	0	0	0	1	2	0	0
Manitoba	2	3	3	1	0	17	1
Saskatchewan	0	0	0	0	0	15	1
Alberta	0	0	0	0	0	8	0
Colombie-Britannique	0	0	0	0	0	0	0

quelques années en raison des préoccupations qu'elle suscite sur le plan de la qualité des sols et de l'environnement.

Le brûlage dans les champs des résidus agricoles produit du CH_4 et du N_2O. La quantité de résidus de récolte qui sont brûlés au Canada peut être estimée comme suit :

Équation A3–50:

$$Q_{Brûlés} = \sum_T (Production_T \times (1 - Teneur_H) \times RapportRS/P_T \times PCB_T \times Facteur_{échelle})$$

où :

$Q_{BRULÉS}$	=	quantité de résidus de récolte brûlés pour une culture T par province, Mg de matière sèche/année
$PRODUCTION_T$	=	production totale du type de culture T, Mg de matière sèche/année
$TENEUR_H$	=	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
PCB_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)[10], 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 A3–30. 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 supposé que le type de culture et l'ampleur du brûlage étaient identiques à ceux de 2006 pour l'ensemble de la série chronologique.

Tableau A3–31 Brûlage des résidus de récolte par province, au Canada, pour les années 1991, 1996, 2001 et 2006

	1991	1996	2001	2006
	% de résidus de récolte brûlés (en poids)			
Terre-Neuve-et-Labrador	0	0	0	0
Île-du-Prince-Édouard	0,4	0,4	0,4	0,4
Nouvelle-Écosse	0,5	0,5	0,5	0,5
Nouveau-Brunswick	0,5	0,5	0,5	0,5
Québec	0,4	0,4	0,4	0,3
Ontario	0,7	0,7	0,7	0,3
Manitoba	12,6	10,1	8,9	2,3
Saskatchewan	8,1	5,8	3,9	1,5
Alberta	0,8	0,7	0,2	0,2
Colombie-Britannique	0	0	0	0

Sources : Les données de 2001 et de 2006 sont tirées de l'EGA 2001 et de l'EGA 2006 menées par Statistique Canada; les données de 1991 et de 1996 ont été recueillies par le biais de consultations effectuées par Coote et al. (2008).

10 Disponible en ligne : http://www23.statcan.gc.ca:81/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=en&db=imdb&adm=8&dis=2

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, 2011, nº 22-002 au catalogue). D'autres paramètres, comme la fraction de biomasse réellement brûlée et les coefficients d'émission nécessaires à l'estimation des émissions, sont tirés des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000).

Les émissions de N_2O et de CH_4 attribuables au brûlage des résidus de récolte sont estimées à l'aide de l'équation suivante :

Équation A3–51:

$$ÉMISSIONS_{BRÛLAGE} = \sum_{Province,i} (Q_{BRÛLES,I} \times C_F \times G_{CE})/1000$$

où :

$ÉMISSIONS_{BRÛLAGE}$	=	émissions de N_2O ou de CH_4 attribuables au brûlage des résidus de récolte au Canada (kt de N_2O ou de CH_4)
$Q_{BRÛLÉS,i}$	=	quantité de résidus brûlés dans une province i, en Mg, matière sèche/année
C_F	=	rendement énergétique (GIEC, 2000), sans unités
G_{CE}	=	coefficient d'émission (GIEC, 2000), g de N_2O ou de CH_4 kg-1 de matière sèche brûlée
1000	=	facteur de conversion de Mg en kt

A3.4. Méthodologie relative à l'affectation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie

Le secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) de l'inventaire englobe l'émission et l'absorption de GES liées aux terres aménagées et à la conversion de terres d'une catégorie à une autre.

Comme au chapitre 7, la structure de cette annexe cherche à préserver les catégories de déclaration fondées sur les terres, tout en regroupant les méthodologies connexes de collecte des données et d'établissement des estimations. La section A3.4.1 résume le cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des secteurs. La section A3.4.2 décrit brièvement la méthode générale d'estimation des fluctuations des stocks, des émissions et de l'absorption de carbone dans toutes les catégories associées aux forêts, y compris les forêts aménagées, la conversion de terres forestières à d'autres utilisations et les terres converties en forêts. Cette description n'a pas été répétée pour les catégories des terres forestières converties en terres cultivées, prairies, terres humides et zones de peuplement. La section sur les terres cultivées décrit en particulier la méthode de quantification des répercussions des pratiques de gestion sur les terres agricoles. De même, les sections sur les terres humides et les zones de peuplement portent sur les méthodes d'estimation propres à chaque catégorie.

La section A3.4.7 donne une description générale de la méthode permettant d'estimer les émissions différées de carbone attribuables au stockage de longue durée du carbone dans les produits ligneux récoltés.

A3.4.1. Cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des secteurs 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, on a

reconnu que les démarches, les méthodes, les outils et les données disponibles et parfaitement appropriés à la surveillance des activités humaines dans une catégorie de terres ne convenaient pas nécessairement aux autres catégories. Il existe d'importantes différences dans le cadre spatial utilisé par chaque groupe, d'où le risque que les données sur les activités et les estimations deviennent incohérentes sur le plan spatial. L'ensemble des partenaires du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports (SNSCPR) du secteur ATCATF ont convenu d'un cadre spatial hiérarchique permettant d'obtenir le niveau le plus élevé possible d'uniformité et d'intégrité spatiale dans l'inventaire des GES.

Au niveau de résolution spatiale le plus élevé se trouvent les unités analytiques qui sont propres à chaque système d'estimation. Dans les forêts aménagées, les unités analytiques résultent du recoupement géographique des zones de déclaration (Figure 7-1) et des unités d'aménagement forestier provinciales et territoriales. Pour les besoins de cette évaluation, les forêts aménagées ont été classées en 524 unités analytiques dans 12 provinces et territoires (Tableau A3–32). 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.

Le cadre spatial le mieux adapté à la surveillance des gaz à effet de serre (GES) émis par les terres agricoles (catégorie des terres cultivées) est la Banque de données nationales sur les sols du Système d'information sur les sols du Canada[11] et ses Pédo-paysages du Canada (PPC). L'éventail complet des attributs qui décrivent un type distinctif de sol et les paysages qui l'accompagnent, comme le modelé de la surface, la déclivité, la teneur caractéristique en carbone du sol dans les utilisations des terres agricoles originales et dominantes, la profondeur de la nappe phréatique, s'appelle un pédo-paysage. Les paysages des sols sont liés spatialement aux PPC, qui peuvent contenir un ou plusieurs éléments distinctifs du pédo-paysage. Les polygones des PPC sont de l'ordre de 1 000 à 1 000 000 hectares et conviennent à l'établissement de cartes à l'échelle de 1:1 million.

11 Disponible en ligne à l'adresse http://sis.agr.gc.ca/cansis

Tableau A3–32 Unités analytiques spatiales des forêts aménagées

Province/Territoire	Nombre d'unités analytiques
Terre-Neuve-et-Labrador	25
Nouvelle-Écosse	1
Île-du-Pince-Édouard	1
Nouveau-Brunswick	1
Québec	129
Ontario	52
Manitoba	70
Saskatchewan	40
Alberta	70
Colombie-Britannique	92
Yukon	13
Territoires du Nord-Ouest	30
Canada	**524**

Les polygones des PPC constituent en outre l'unité de base du Cadre écologique national pour le Canada, un cadre national hiérarchique et spatialement homogène à l'intérieur duquel on peut décrire les écosystèmes à divers degrés de généralisation, les surveiller et en faire rapport (Marshall et Schut, 1999). Les 12 677 polygones des PPC s'inscrivent dans le degré de généralisation suivant (1 027 écodistricts), lesquels sont ensuite regroupés en 194 écorégions et 15 écozones.

Pour estimer la superficie des terres forestières converties à d'autres affectations, les unités analytiques sont le résultat de l'intersection spatiale des strates de conversion des forêts (voir la Figure A3–9) avec les frontières écologiques et administratives. Les strates de conversion des forêts ont été élaborées d'après les taux et les caractéristiques de conversion prévus. La méthode d'échantillonnage retenue pour surveiller la conversion des forêts impose certaines restrictions aux unités analytiques : elles doivent être (i) aussi uniformes que possible en ce qui a trait aux schémas de conversion des forêts et (ii) assez vastes pour qu'on puisse y prélever des échantillons de taille acceptable, compte tenu du taux de prélèvement prédéterminé.

Dans le cadre de l'inventaire des GES, le secteur ATCATF produit des rapports dans 18 zones de déclaration (chapitre 7, figure 7-1). Ces zones de déclaration sont essentiellement les mêmes que les écozones du Cadre écologique national pour le Canada, à trois exceptions près : les

écozones du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier sont subdivisées en secteurs est et ouest pour former quatre zones de déclaration; tandis que l'écozone des Prairies est subdivisée en un secteur semi-aride et un secteur subhumide. Ces subdivisions ne modifient aucunement la nature hiérarchique du cadre spatial. Le Tableau A3–33 indique les superficies de terre et d'eau de chaque zone de déclaration, ainsi que la superficie estimée des forêts gérées et des terres cultivées pour l'année d'inventaire 2011. Les méthodes qui ont servi à la collecte de ces données et la provenance des données sont décrites dans McGovern (2008).

Les unités analytiques de différentes catégories d'affectation des terres se recoupent souvent. De plus, on ignore l'emplacement exact des phénomènes, des peuplements forestiers ou des activités 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, 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 (durant l'établissement des estimations) et des unités de rapprochement (à l'étape de la compilation des estimations).

A3.4.2. Terres forestières et changement d'affectation des terres d'ordre forestier

A3.4.2.1. Modélisation du carbone

Pour estimer les fluctuations des stocks de carbone, l'émission et l'absorption de carbone par les forêts aménagées, la conversion des terres forestières à d'autres affectations et la conversion d'autres terres en forêts, on a eu recours à la version 3 du *Modèle du bilan du carbone pour le 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, superficie et composition taxinomique), des banques de données sur les courbes du 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 carbone entre réservoirs et des échanges atmosphériques qui sont associés aux processus des écosystèmes et à divers phénomènes.

Les processus de l'écosystème (ou « processus annuels ») modélisés par le MBC-SFC3 pour établir les estimations

Tableau A3–33 Estimations de la superficie des terres, des plans d'eau, des forêts aménagées et des terres agricoles en 2011

Nom et numéro de la zone de déclaration		Superficie totale (kha)	Superficie totale des terres (kha)	Superficie totale d'eau douce (kha)	Forêts aménagées (kha)	Superficie des terres agricoles (kha)
1	Cordillère arctique	24 278	23 992	286		
2	Haut-Arctique	151 023	142 416	8 606		
3	Bas-Arctique	84 636	74 609	10 027		
4	Taïga du Bouclier est	74 834	65 669	9 166	1 103	
5	Bouclier boréal est	111 057	99 129	11 928	55 653	643
6	Maritime de l'Atlantique	20 939	19 737	1 202	15 446	1 043
7	Plaines à forêts mixtes	16 781	11 015	5 766	2 680	5 235
8	Plaines hudsoniennes	37 371	36 394	977	302	
9	Bouclier boréal ouest	83 951	71 112	12 839	28 778	181
10	Plaines boréales	73 612	67 186	6 426	36 038	10 308
11	Prairies subhumides	22 341	21 599	742	1 823	16 108
12	Prairies semi-arides	23 966	23 494	473	18	12 605
13	Taïga des plaines	65 804	58 219	7 585	20 028	6
14	Cordillère montagnarde	48 471	47 226	1 244	35 412	1 271
15	Maritime du Pacifique	20 810	20 488	322	13 205	113
16	Cordillère boréale	46 785	45 842	944	16 619	
17	Taïga de la Cordillère	26 530	26 374	157	412	
18	Taïga du Bouclier ouest	63 168	52 178	10 990	1 830	

présentées ici sont la croissance, le dépôt de la litière, la mort des arbres due à des perturbations et la décomposition. Le MBC-SFC$_3$ modélise aussi, entre autres, les activités de gestion, la conversion des forêts et les perturbations naturelles. Les activités de gestion représentées sont l'éclaircie commerciale, la coupe à blanc, la coupe partielle, la coupe de récupération[12], le brûlage des résidus de récolte lors de la préparation des sites et la gestion du risque d'incendie. 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 carbone forestiers représentés dans le modèle et ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Tableau A3–34). Aucune description n'en est faite dans le présent rapport, mais les réservoirs de la biomasse vivante sont ensuite subdivisés en deux ensembles, pour les essences feuillues et les essences résineuses.

Les processus et les événements annuels sont à l'origine d'un ensemble de transferts de carbone entre les réservoirs, comme le montre la figure Figure A3–5.

Les processus écosystémiques annuels englobent la croissance, le dépôt de la litière, la mortalité et la décomposition; ils sont simulés sous forme de transferts de carbone qui ont lieu à chaque pas de temps (annuel), dans chaque relevé d'inventaire. Pendant les processus annuels, le carbone 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 carbone qu'elle contient à un autre réservoir de MOM (p. ex., chicots de tiges et bois mort moyen), à un réservoir de sol lent ou à l'atmosphère. On trouvera d'autres précisions sur la structure des réservoirs et les taux de décomposition dans Kurz *et al.* (2009). On définit les rythmes de transfert du carbone pour chaque bassin, en fonction des taux de renouvellement propres au réservoir (pour les réservoirs de biomasse) ou des taux de décomposition (réservoirs de matière organique morte). 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 radicelles mortes) et 0,0032 % (pour les réservoirs de sol lents).

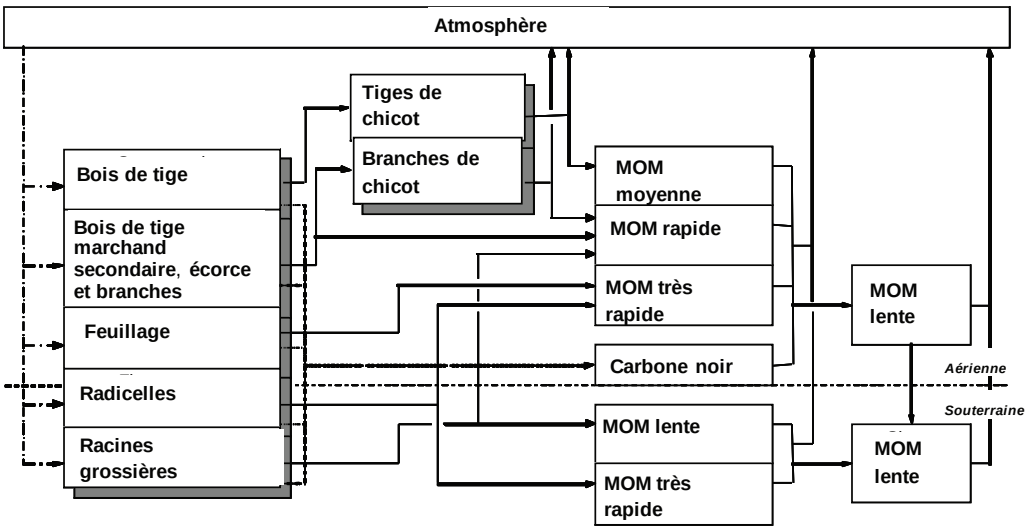
12 La coupe de récupération consiste à récolter le bois marchand après une perturbation naturelle. On distingue autant que possible la coupe de récupération des activités de récolte classiques.

Tableau A3–34 Réservoirs de carbone forestier selon le GIEC et le 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	Radicelles 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[1] Souterrain lent Carbone noir[2] Tourbe[2]

Notes :
1. Le réservoir souterrain très rapide comprend les radicelles mortes et en décomposition, qui, dans la pratique, sont inséparables du sol.
2. Actuellement, le carbone noir et la tourbe ne sont pas estimés.

Figure A3–5 Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC SFC3. White et al. (2008)



La simulation considère la croissance comme un processus annuel. Chaque relevé de l'inventaire forestier utilisé dans chacune des 524 unités analytiques est associé à une courbe de rendement qui définit la dynamique d'un volume marchand dans le temps. L'affectation d›un relevé de l'inventaire à la courbe appropriée repose sur un ensemble de facteurs de classification qui englobe 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 sont extraits de parcelles d'échantillonnage permanentes ou provisoires ou d'autres données des inventaires forestiers.

Pour convertir les courbes de volume marchand 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 de la dérivée du volume du bois de tige marchand (par hectare). 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.

Les perturbations déclenchent différentes combinaisons de transferts de carbone, selon le type et la gravité de la perturbation, l'écosystème forestier touché et la région écologique. Pour les besoins de la modélisation, les diverses pratiques de conversion des forêts sont également représentées comme des perturbations. L'impact d'une perturbation est défini dans une matrice des perturbations, qui précise pour un ou plusieurs types de perturbation la proportion de carbone de chaque réservoir de l'écosystème qui est transféré vers d'autres réservoirs, rejetée dans l'atmosphère (dans divers GES) ou transférée dans les produits ligneux récoltés. La Figure A3–6 illustre une de ces matrices, qui simule la coupe à blanc et la coupe de récupération, ce qui s'applique dans toutes les écozones, sauf dans celles de l'Alberta et du Québec. Dans le rapport de 2013, la simulation a utilisé 119 matrices de perturbations pour simuler l'impact des perturbations. Le nombre de matrices des perturbations dépend de l'existence de données sur les activités (par exemple la résolution spatiotemporelle des sources des données utilisées pour étayer les perturbations) et des connaissances nécessaires pour paramétriser les matrices des perturbations pour les régions ou les intensités de perturbations distinctes utilisées au lieu des ensembles de paramètres généraux établis.

La proportion de CO_2-C émise par chaque réservoir, documentée dans chacune des matrices de perturbation, peut être propre au réservoir, au type de forêts, à l'intensité de la perturbation, ou encore à la zone écologique; c'est pourquoi aucun coefficient d'émission de CO_2 ne s'applique à toutes les perturbations d'un type donné, comme les incendies. À quelques exceptions près, la proportion

Figure A3–6 Matrice des perturbations simulant les transferts de carbone atrribuables à la coupe à blanc dans la zone de déclaration 14 (Cordillère montagnarde)

	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 feuillu marchand					0,15					0,85
8. Feuillage de feuillu	1									
9. Autres composantes de feuillu			1							
10. Bois de feuillu marchand secondaire			1							
11. Racines grossières de feuillu			0,5	0,5						
12. Radicelles de feuillu	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 branche de résineux			1							
22. Chicot de tiges de feuillu					0,5					0,5
23. Chicot de branches de feuillu			1							
24. Carbone noir								1		
25. Tourbe									1	

de carbone total émis dans chaque GES qui renferme du carbone (CO_2, CO et CH_4) associé à des incendies demeure constante : 90 % du carbone 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).

Bien que le MBC-SFC3 permette de modéliser les flux de carbone 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 suivante présente les principales sources de données utilisées.

A3.4.2.2. Sources des données

Terres forestières aménagées

Les gouvernements provinciaux et territoriaux du Canada, dont le champ de compétence englobe la gestion des ressources naturelles, ont fourni des données essentielles, notamment des données détaillées sur les inventaires forestiers et, lorsqu'elles étaient disponibles, des précisions sur les activités et les méthodes d'aménagement des forêts, les perturbations et leur prévention ou leur maîtrise, des tableaux de rendement régionaux (courbe de volume/âge) pour les essences dominantes et les indices de qualité de station de même qu'une expertise régionale (Tableau A3–35). On a utilisé les données de l'Inventaire forestier du Canada (IFC, 2001) pour le Nouveau-Brunswick, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta, 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 et de la Colombie-Britannique ont fourni des données d'inventaire plus récentes et à plus haute résolution. Il a fallu déployer des efforts considérables pour harmoniser, formater et présenter les données détaillées d'inventaire sous forme de données d'entrée pour le MBC-SFC3. 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.*, 2006a).

Conceptuellement, on classe les forêts dans la catégorie des « forêts aménagées » ou celle des « forêts non aménagées », d'après la fréquence des activités de gestion visant la récolte de bois d'œuvre ou d'autres produits du

Tableau A3–35 Principales sources d'informations et de données sur les forêts aménagées

Description	Source	Résolution spatiale	Couverture temporelle	Référence
Données sur les incendies	Système canadien d'information sur les feux de végétation	Spatialement explicite	2004–2011	http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/
	Base de données sur les gros incendies au Canada	À référence spatiale	1959–2003	http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr_CA/lfdb
Données des inventaires forestiers et du volume marchand[1]	Inventaire forestier canadien (IFC)	Maille de l'IFC	1949–2004	https://nfi.nfis.org/home.php?lang=fr
	Alberta[2]	Unités analytiques	ND[3]	Expert provinciaux
	Colombie-Britannique	Unités analytiques	1995–2000	Expert provinciaux
	Terre-Neuve-et-Labrador	Unités analytiques	1991–2006	Expert provinciaux
	Nouvelle-Écosse	Unités analytiques	2006	Expert provinciaux
	Ontario	Unités analytiques	2000	Expert provinciaux
	Île-du-Prince-Édouard	Unités analytiques	2000	Expert provinciaux
	Québec	Unités analytiques	2000	Expert provinciaux
Données sur la récolte[4]	Base nationale de données sur les forêts	Limites provinciales	1990–2010	http://nfdp.ccfm.org/
	Alberta	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Colombie-Britannique	Unités analytiques	1990–2011	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Terre-Neuve-et-Labrador	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Manitoba	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Nouveau-Brunswick	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Territoires du Nord-Ouest	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Nouvelle-Écosse	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Ontario	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Île-du-Prince-Édouard	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Québec	Unités analytiques	1990–2011	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Saskatchewan	Unités analytiques	1990–2010	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
	Yukon	Unités analytiques	1990–2009	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/
Données sur les insectes	Relevé des insectes et des maladies des arbres	Spatialement explicite	1990–2009	Centre de foresterie de l'Atlantique et Centre de foresterie du Pacifique
	Alberta	Spatialement explicite	1990–2011	Expert provinciaux
	Colombie-Britannique	Spatialement explicite	1990–2010	Expert provinciaux
	Saskatchewan	Spatialement explicite	1998–2001	Expert provinciaux
	Manitoba	Spatialement explicite	1990–1998	Expert provinciaux
	Terre-Neuve-et-Labrador	Spatialement explicite	2000–2003	Expert provinciaux
	Yukon	Spatialement explicite	1994–2005	Expert provinciaux
Données climatologiques	SCF	Unités analytiques	Normales de 1961–1990	McKenney (2005)

Notes :
1. Les données de rendement des inventaires forestiers et du volume de bois marchand proviennent de la base nationale de données sur les forêts et/ou d'experts provinciaux, tel qu'il est indiqué.
2. Seules les données de rendement du volume de bois marchand proviennent d'experts provinciaux. Le reste de l'information dans l'Inventaire forestier de l'Alberta provient de l'IFCan.
3. ND = non disponible
4. 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, exception faite de la ColombieBritannique et du Québec, on suppose que les données sur la récolte de 2011 sont les mêmes que pour 2010.

bois et le degré de protection contre les perturbations (Figure A3–7). Pour estimer la superficie de forêts aménagées, il a fallu procéder à la délimitation spatiale et à la combinaison des limites de plusieurs zones d'aménagement forestier, y compris toutes les 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 toutes les autres forêts faisant l'objet d'un aménagement actif des ressources en bois d'œuvre et autres, de même que toute autre terre dans la catégorie des forêts 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.* (2006b). La Figure A3–8 illustre l'emplacement des terres avec forêts aménagées et non aménagées du Canada, aux fins de l'estimation et de la déclaration des GES. En 2011, la superficie totale de forêts aménagées était de 229 347 kha, dont 68 % se trouvent dans les quatre zones de déclaration suivantes : secteur Bouclier boréal est, cordillère montagnarde, plaines boréales et secteur Bouclier boréal ouest (Tableau A3–33). La superficie des forêts aménagées représente 66 % de la superficie total des forêts du Canada.

Les activités d'aménagement forestier sont illustrées dans la Base de données nationales sur les forêts[13]; 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 données historiques sur les secteurs perturbés par des feux de végétation sont extraites de la Base de données canadiennes sur les gros incendies. Elles sont complétées par les données provinciales et territoriales pour les années 1990 à 2003 et par les images composites de la superficie brûlée à l'échelle nationale du Système canadien d'information sur les feux de végétation pour les années 2004 à 2011 (Tableau A3–35). Les images composites de la superficie brûlée à l'échelle nationale sont fondées sur des données de télédétection à résolution faible et moyenne et des données de cartographie des feux fournies par des organismes de gestion des ressources de toutes les régions du Canada qui utilisent les meilleures sources de données accessibles. On a recours en priorité aux données de télédétection à résolution moyenne quand elles sont disponibles, autrement on utilise les données des organismes de gestion des ressources, et les données de télédétection à faible résolution ne sont utilisées que lorsqu'aucune autre donnée de cartographie des feux n'est disponible.

Les perturbations causées par les insectes font l'objet d'une surveillance par relevé aérien (Tableau A3–35), 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 d'analyse appropriée, et la gravité de l'impact se reflète dans les paramètres de la matrice de perturbation appliquée (Kurz *et al.*, 2009).

Conversion des forêts

Pour tenir compte des effets résiduels durables de la conversion des forêts, on a estimé les taux de conversion à compter de 1970. La démarche adoptée pour estimer les superficies forestières converties en d'autres utilisations repose 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 ayant été mises à l'essai dans le cadre de plusieurs projets pilotes (Leckie, 2006a), la méthodologie est maintenant établie partout au Canada.

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 et 2008. 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 éventuels phénomènes de conversion des forêts (les phénomènes candidats). Ensuite, on interprète ces « images » pour déterminer si la couverture terrestre du phénomène 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; Leckie *et al.*, 2010a). Cette procédure d'interprétation de la conversion des forêts est fortement étayée par d'autres données de télédétection, 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

13 Base de données nationale sur les forêts, disponible sur Internet à l'adresse : http://nfdp.ccfm.org/about_us_f.php

Figure A3–7 Arbre décisionnel pour le calcul de la superficie des forêts aménagées

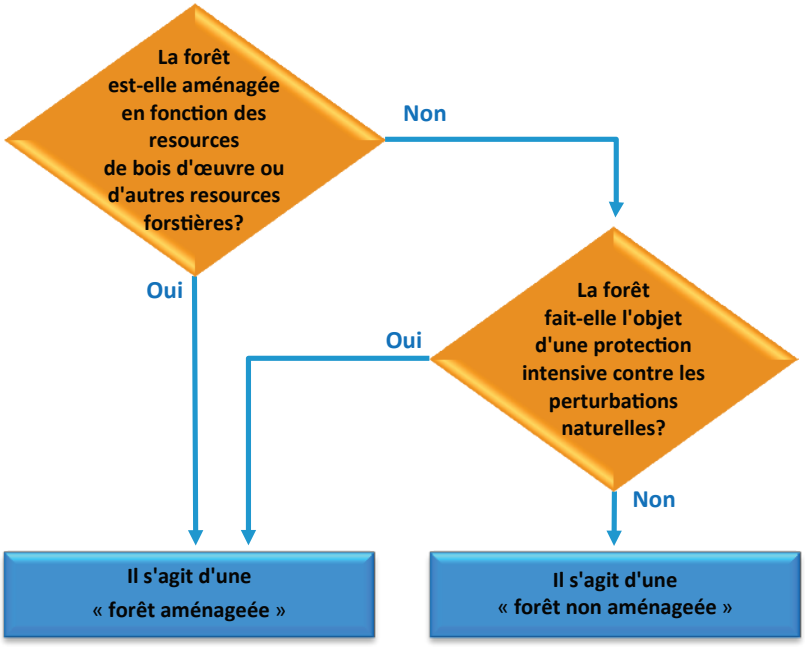
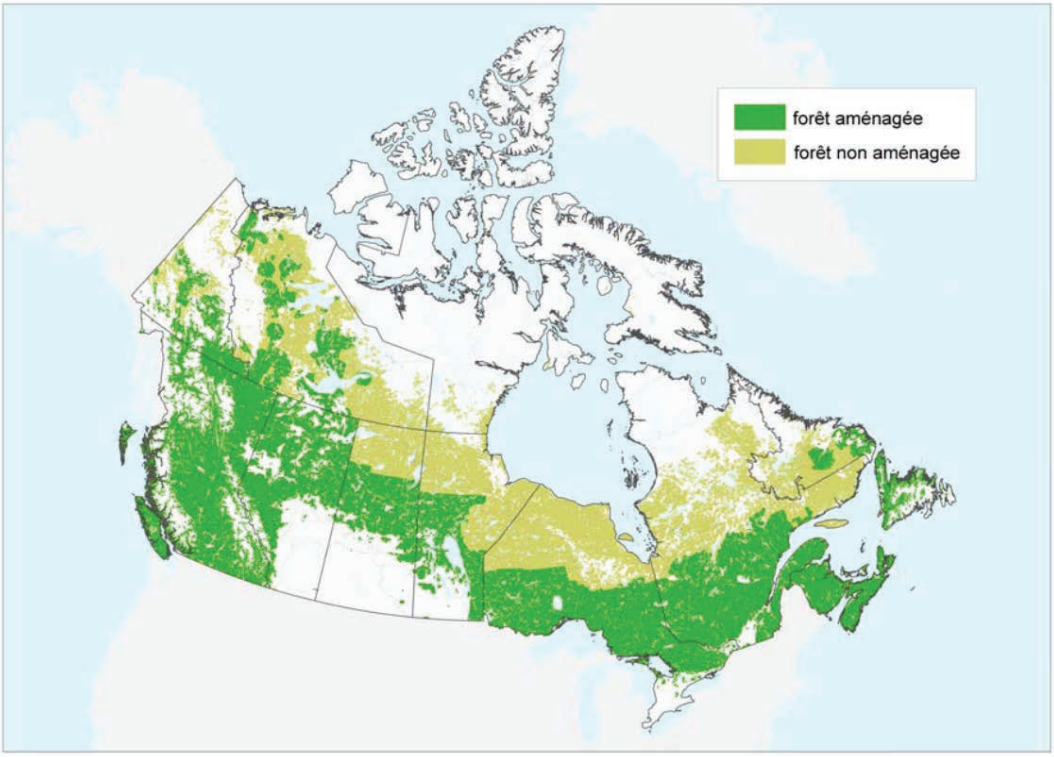


Figure A3–8 Terres avec forêts aménagées et non aménagées au Canada



des oléoducs et des gazoducs ainsi que des plates-formes d'exploitation (Leckie *et al.*, 2006). 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 grand type de forêt avant la conversion des forêts[14] et consigné 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 ont été stratifiées 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 des phénomènes 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 et à la limite des prairies, on a atteint en général un taux d'échantillonnage de 12 %, avec des mailles de 3,5 × 3,5 km à des nœuds d'une grille de 10 km (Figure A3–10). 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 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 environ 346 millions d'hectares, dont plus de 16 millions d'hectares cartographiés pour 1975-1990, 40 millions d'hectares cartographiés pour 1990-2000 et 21 millions d'hectares cartographiés pour 2000-2008. La Figure A3–9 donne un aperçu de l'échantillonnage et de la cartographie pour la stratification de la conversion des forêts.

Des échantillons représentatifs sont utilisés dans les secteurs où les taux de conversion des forêts sont modérés (par exemple les boisés de l'est dans les Maritimes; les Cantons de l'Est au Québec; la vallée du Bas-Fraser en Colombie-Britannique; et la zone agricole du sud des Prairies). La strate d'activité forestière représente une vaste région du Canada à faible densité de population, dont les principales activités économiques sont la foresterie et l'extraction d'autres ressources naturelles. À nouveau, on utilise une méthode d'échantillonnage représentatif, étoffée par d'autres échantillons (provenant p. ex. d'études pilotes) au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique. 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 phénomènes isolés (« points chauds » à la Figure A3–9), au moyen d'une cartographie spatialement détaillée.

On a rassemblé les registres existants, lesquels renferment surtout des données 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. Par exemple, pour la Colombie-Britannique, les données de registres sont utilisées pour fournir des estimations des activités de conversion pour les lignes de transport d'électricité et les activités pétrolières et gazières. Dans le Nord du Québec, on a recours à l'interprétation des images de télédétection et aux données de registres pour évaluer les secteurs de forêts converties en raison d'un aménagement hydroélectrique. Si l'étendue des forêts touchées par la submersion des terres ne peut pas être déterminée par l'interprétation d'images ou de registres officiels, il faut l'estimer en multipliant la superficie de terres submergées par la proportion de couverture forestière dans la région entourant le réservoir, telle que déterminée d'après une carte du couvert forestier fondée sur la classification des images Landsat (Wulder et al., 2004).

Les travaux réalisés avec des images de haute résolution ont révélé que, bien que l'information sur les données puisse indiquer que les emprises des pipelines sont inférieures à 20 m de largeur, elles sont souvent adjacentes à des éléments de perturbation connexe, tels que des routes d'accès. La largeur totale résultante de la perturbation est

14 Voir les paramètres de définition de « forêt » au chapitre 7.

Figure A3–9 Strates de conversion des forêts et secteurs d'échantillonnage pour le rapport de 2013

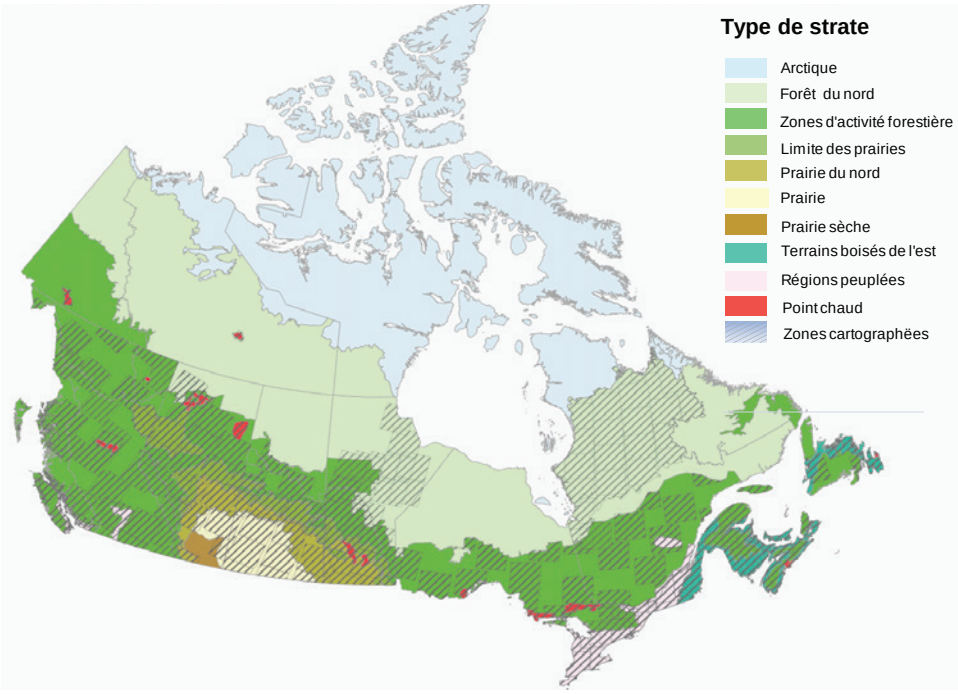
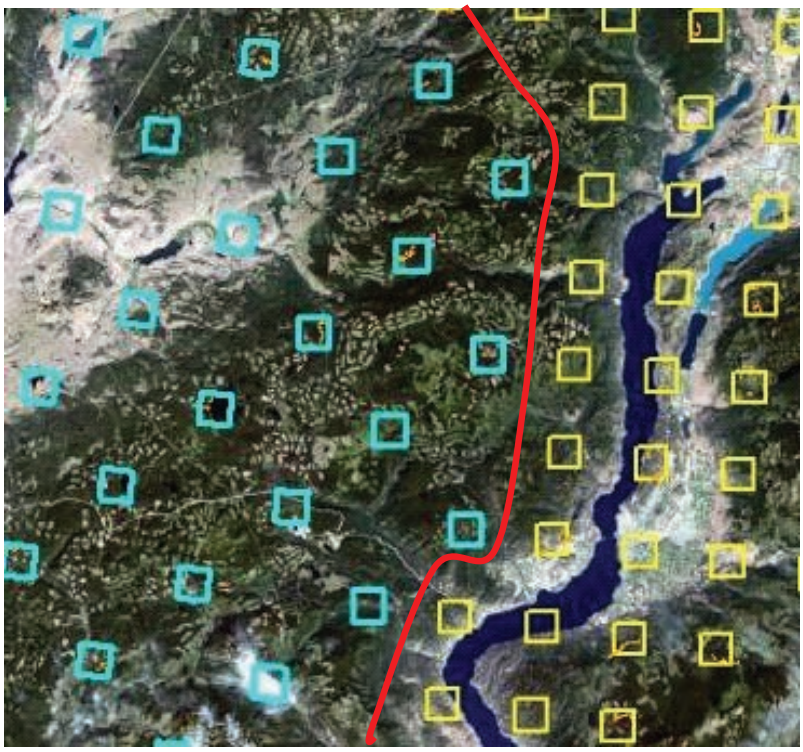


Figure A3–10 Grilles d'échantillonnage sur des images satellites de cartes de conversion de forêts. Fond : secteur près de Kelowna, Colombie Britannique, image Landsat TM, été 2000. À droite, les échantillonnages sont plus nombreux, avec une densité de 12 %; à gauche, la densité est de 6 %.



supérieure à 20 m. Suite à cette analyse, les registres sur les pipelines sont utilisés en association avec l'échantillonnage de haute résolution afin de déterminer l'impact réel des pipelines.

Lorsque les données des registres ne sont pas disponibles ou qu'elles sont de piètre qualité, ou que l'échantillon de télédétection est insuffisant, on sollicite l'avis d'experts. On fait également appel au jugement d'experts pour rapprocher les différences entre les registres et les données de télédétection et résoudre les grands écarts entre l'estimation de la superficie réalisée en 1975-1990, 1990-2000 et en 2000-2008. Dans ces cas, on regroupe 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.*, 2010b; Dyk *et al.*, 2012b). Pour la plupart des estimations, en tout cas celles provenant des catégories de changement d'affectation des terres qui ont eu les incidences les plus marquées, les estimations proviennent directement des échantillons de télédétection.

Les données d'activité sont recueillies et résumées dans un premier temps par unités d'analyse. On rassemble tous les phénomènes de conversion dans une base de données. Par une compilation, on résume les phénomènes pour les classes détaillées suivant la conversion pour chaque unité de rapprochement. Ce processus de compilation fait également appel à l'insertion de données des registres et au jugement d'experts. Pendant cette procédure, on compile tous les phénomènes pour générer un taux de conversion des forêts locales (ha/an) d'après le temps qui s'est écoulé entre les images. Comme les images disponibles ne sont pas forcément datées de 1975, 1990, 2000 ou 2008, les taux couvrent différentes périodes. Au moment de compiler les données, on associe chaque phénomène de conversion de forêt à l'une des trois périodes (1975-1990, 1990-2000 ou 2000-2008) et on attribue le taux de conversion des forêts correspondant à cette période. Par exemple, un phénomène de 7,0 hectares observé sur les images datant de la période 1975-1989 génère un taux de 0,5 ha/an (7,0 ha/14 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 un taux de conversion des forêts relatif ([ha/an]/km^2 interprété) pour tous les phénomènes 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 (p. ex. le taux de changement pour les cultures agricoles ou les secteurs résidentiels ruraux), puis résumées selon des catégories plus vastes au moment de la recompilation par unité de rapprochement.

Les données de télédétection proviennent des images datant d'environ 1975, 1990, 2000 et 2008, tandis que les données des registres sont des données annuelles ou des données résumées sur plusieurs périodes. Comme nous l'avons vu ci-dessus, la méthode de télédétection de base donne trois taux moyens de conversion des forêts pour 1975-1990, 1990-2000 et 2000-2008, mais aucune estimation annuelle de ces taux. Pour déterminer des taux annuels de conversion des forêts pour la période 1970-2010, il a fallu appliquer deux procédures simultanées : 1) extrapoler les taux annuels d'avant 1975 et d'après 2008; 2) interpoler des taux entre les données de 1975-1990, de 1990-2000 et de 2000-2008 (Figure A3–11). En l'absence de procédures documentées ayant fait leurs preuves, la méthode la plus simple consiste à attribuer le taux de 1975-1990 à chaque année qui s'est écoulée entre 1970 et 1983, le taux de 1990-2000 à chaque année qui s'est écoulée entre 1983 et 1985 et le taux de 2000-2008 à chaque année qui s'est écoulée entre 1995 et 2004. On suppose un taux de conversion des forêts constant pour la période suivant 2004. L'information provenant d'une période additionnelle sera utilisée pour mettre à jour le processus.

On applique une interpolation linéaire entre les trois points d'ancrage temporels (1983, 1995 et 2004), ce qui donne une estimation du taux annuel de conversion des forêts pour chaque année intermédiaire. La procédure est illustrée à la Figure A3–11. Les exceptions notables à cette procédure surviennent et reflètent les grands phénomènes individuels pour lesquels on possède de l'information sur les perturbations par l'entremise de registres ou d'activités de cartographie détaillée; les réservoirs hydroélectriques représentent un exemple d'une telle situation.

La Figure A3–12 illustre les taux annuels de conversion des forêts selon l'affectation finale : forêts converties en terres cultivées (FCTC), forêts converties en terres humides (FCTH). Cette figure aide à illustrer les différentes approches mises en œuvre en vue d'élaborer des estimations annuelles. L'estimation de la conversion en terres cultivées est basée sur l'approche illustrée à la Figure A3–11. L'estimation de la conversion des forêts en terres humides reflète l'utilisation de registres et d'information de cartographie détaillée afin de tenir compte des grands phénomènes uniques. Signalons que les données illustrées diffèrent de celles que l'on trouve dans les tableaux du cadre uniformisé de présentation

Figure A3–11 Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts

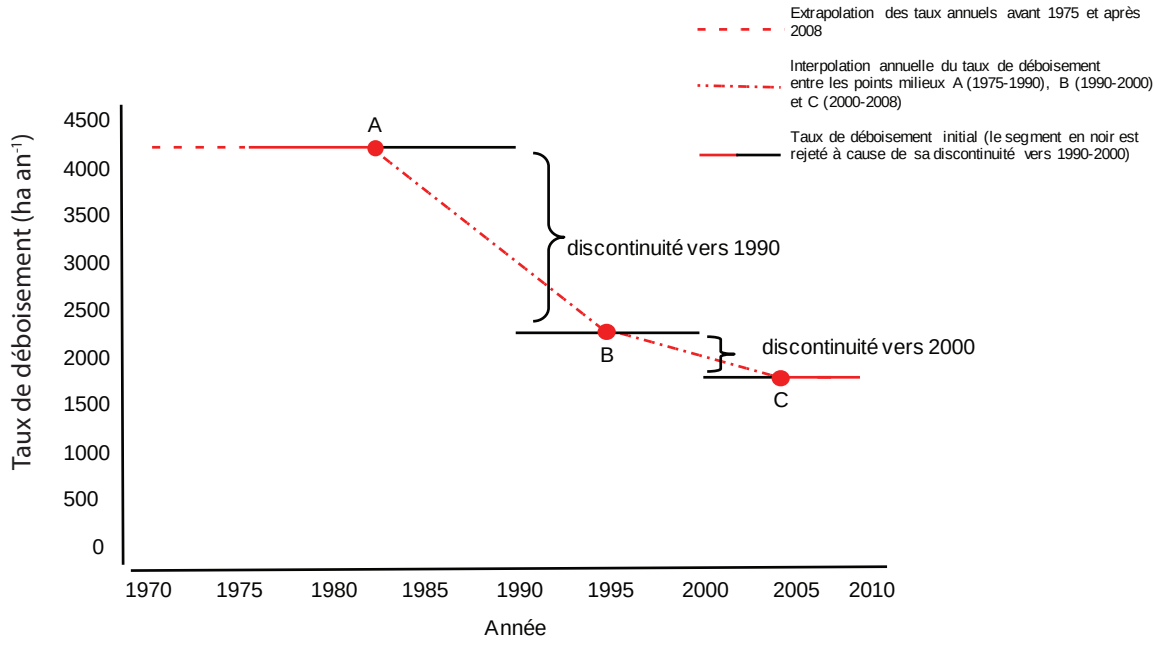
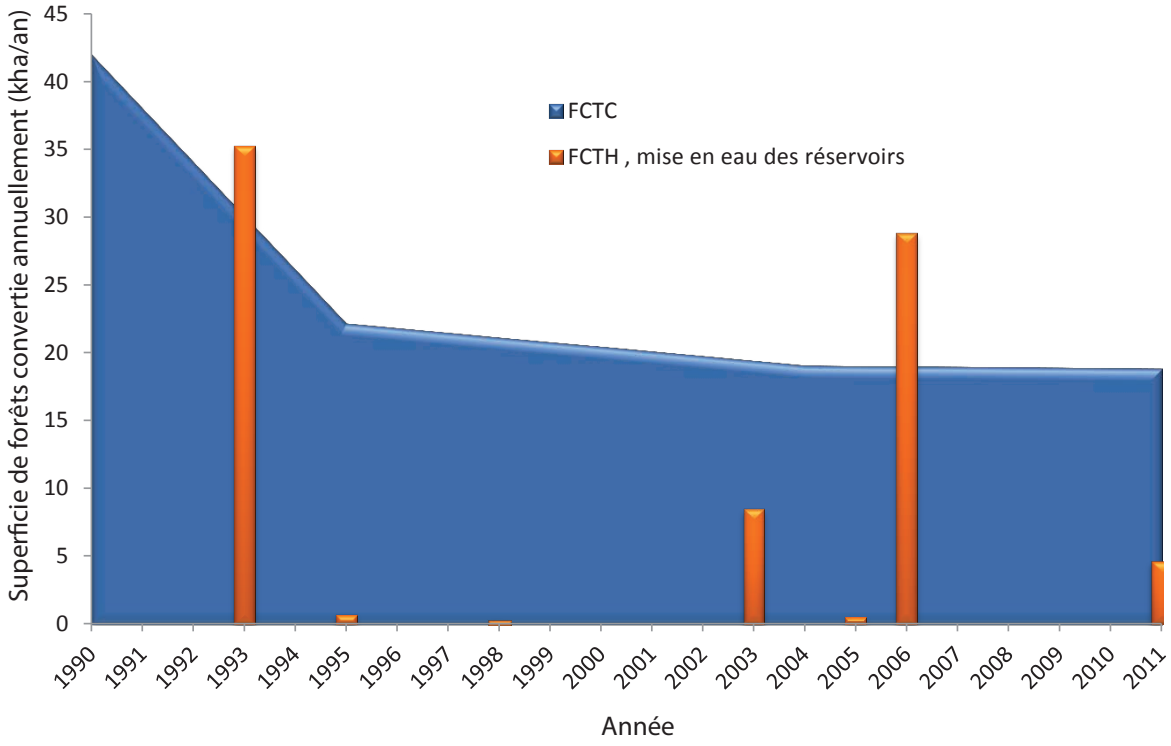


Figure A3–12 Taux annuel de conversion des forêts en terres cultivées (FCTC) et conversion des forètes en terres humides (FCTH, mise en eau des réservoirs)



de rapports (CUPR), lesquels cumulent les superficies des catégories « terres converties en ».

AQ/CQ des données sur la conversion des forêts

On s'est attaché avec soin à comprendre les données des registres, leur pertinence et leurs limites. On a examiné la provenance des données des registres, interrogé les personnes qui ont pris part à la gestion et à la mise en œuvre du système de collecte et de stockage des données et, lorsqu'ils étaient disponibles, on a vérifié les chiffres par rapport à des sources de données indépendantes, à l'échantillon d'images à haute résolution et aux connaissances des experts.

L'interprétation des données de télédétection se fait selon une procédure définie (Leckie *et al.*, 2010a; Dyk *et al.*, 2012b), 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 contrôle de qualité (CQ) de base 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'AQ en temps réel, réalisée durant l'interprétation par des spécialistes du Service canadien des forêts (SCF) qui communiquent leurs commentaires dans les jours qui suivent l'interprétation de chaque secteur; et une AQ et une vérification finale de l'interprétation des données, réalisée par le SCF. Une validation sur le terrain est réalisée sur une base continue selon la disponibilité de ressources. Chaque point de CQ et révision est documenté dans la base de données du système d'information géographique (SIG) sur les phénomènes de conversion (Dyk *et al*., 2011).

Les rapports de décision quant aux données utilisées, au jugement d'experts et à la conciliation des données contradictoires sont documentés dans la base de données de traitement global (Leckie, 2006b) et ont été mis à jour pour le rapport de 2013 (Dyk *et al.*, 2012a, 2012b). La provenance et les limites des données sont consignées, 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 pour la conversion des forêts est une tâche complexe et difficile en raison de la variabilité spatiale et temporelle de cette activité. Comparativement aux estimations antérieures, les estimations actuelles profitent de plusieurs années d'expérience et de connaissances acquises durant l'élaboration des précédentes estimations (Leckie, 2011; Dyk *et al.,* 2012b;). Les améliorations apportées comprennent les suivantes :

1. Ensemble de données élargi comprenant des données additionnelles d'observation terrestre, Landsat (MSSS/TM/ETM/hiver), SPOT-5, photographies aériennes, images satellites à haute résolution.
2. Agrandissement de la superficie échantillonnée pour les secteurs ciblés et d'autres secteurs.
3. Analyse et validation des données de registres avec des images à haute résolution (par exemple, perturbations connexes des pipelines et des routes d'accès).
4. Prolongement de la couverture temporelle à la période 2000-2008, ce qui offre une plus grande période pour confirmer la nature des phénomènes historiques. Cette amélioration entraîne une plus grande confiance et la réduction des erreurs d'inclusion et d'omission[15].
5. Connaissances accrues découlant d'une plus grande expérience et de l'expertise acquise durant les activités de CQ et de validation.

Ces améliorations permettent une meilleure détection, délimitation et détermination de la taille et de la cause des phénomènes, et elles permettent aussi d'estimer plus précisément le moment de la survenue des phénomènes de conversion.

Deux approches ont été prises en compte pour estimer les incertitudes; une approche empirique et une approche 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 liées aux types de forêt éliminée, à la catégorie de terres après la conversion et au moment de la survenue du phénomène ne sont pas prises en compte.

L'approche empirique vise à estimer l'incertitude globale pour la conversion des forêts. Cette approche fournit une estimation globale tenant compte de toutes les composantes variées et de leurs interactions potentielles.

L'estimation empirique a été élaborée en estimant des valeurs extrêmement faibles, faibles, élevées et extrêmement élevées pour le taux de conversion des forêts, et ce, pour

15 Les erreurs d'omission sont le résultat de véritables phénomènes de conversion non observés, tandis que les erreurs d'inclusion sont le résultat de l'inclusion de perturbations non liées à une conversion (p. ex., récolte forestière, incendies, inondation due à un barrage de castors).

chaque unité de rapprochement et classe d'utilisation finale. Ces estimations étaient basées sur la connaissance des experts sur le plan des activités et des 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 certain aperçu d'une plage de conversion possible. En suivant cet exercice, on a estimé que l'incertitude globale pour la conversion des forêts se situait entre ±20 % et ±30 %.

L'approche analytique décompose l'incertitude en sous-composantes puis combine celles-ci au moyen d'une simple méthode de propagation d'erreur. Les composantes prises en compte sont les erreurs d'omission et d'inclusion, d'échantillonnage et de délimitation.

Les erreurs d'omission et d'inclusion varient en fonction d'un certain nombre de facteurs, mais elles dépendent 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 la période 2000-2008, les erreurs d'inclusion sont possiblement supérieures aux erreurs d'omission, particulièrement en raison du délai insuffisant pour permettre la confirmation des conditions suivant la perturbation.

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 liée à l'échantillonnage tiennent compte de l'incertitude associée au processus réel d'échantillonnage et à la mise à l'échelle des estimations pour de grands secteurs (strates/unités de rapprochement). 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 différaient entre 1975–1990, 1990–2000 et 2000-2008. 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 phénomènes de conversion (Paradine *et al*., 2004). L'incertitude due à l'échantillonnage et à la mise à l'échelle diffère donc sur le plan régional; de plus, puisque les causes des phénomènes de conversion peuvent également varier d'une région à l'autre, on considère cette incertitude comme étant variable.

Les résultats de cette approche analytique sont cohérents avec ceux obtenus avec une approche empirique. À la lumière de ces calculs, une estimation conservatrice est déterminée, laquelle établit l'incertitude à la limite supérieure de la plage de conversion, soit ±30 %. Des travaux plus approfondis aideront à améliorer notre compréhension actuelle des différentes sources d'incertitude, de leurs interactions et des approches utilisées pour combiner ces composantes.

Cette incertitude de ±30 % quant à l'estimation de la superficie annuelle totale de forêts transformées au Canada permet d'établir, dans un intervalle de confiance à 95 %, la valeur réelle de cette superficie pour 2011 comme se situant entre 35 kha et 66 kha. Il s'agit d'une estimation globale tenant compte de l'ensemble des périodes, et régions et types de conversion des forêts. Il faut donc faire preuve de prudence lorsqu'on applique le degré d'incertitude de 30 % à la superficie cumulative de terres forestières converties à une autre catégorie depuis 20 ans (superficies déclarées dans les tableaux du CUPR).

Améliorations prévues à la conversion des forêts

En général, les améliorations se feront par paliers, et auront pour but de réduire le degré d'incertitude et d'améliorer certaines estimations. Les stratégies d'amélioration associent un plus grand échantillonnage, la compilation d'un nombre accru de registres, un meilleur traitement de l'information ainsi que la documentation du système et davantage de vérifications sur le terrain. La collecte et la compilation d'images initiales ainsi que l'assemblage de registres sont en cours pour permettre d'étendre les estimations à la période débutant après 2008.

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 piégeage du carbone (EFBMPC) (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 l'EFBMPC. 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. Chaque phénomène, 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 carbone. Tous les phénomènes ont été regroupés en un seul ensemble de données sur les activités de boisement au Canada entre 1970 et 2008. Aucune nouvelle donnée sur les activités de boisement n'a été obtenue pour les années d'inventaire 2009-2011. De nouveaux efforts ont été entrepris en vue d'obtenir des données supplémentaires sur les récentes activités de boisement au Canada.

Pour 1990-2008, la superficie plantée a été stratifiée par écozone, province et essence. 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 unité de rapprochement.

Les courbes de rendement ne sont pas toujours disponibles pour certaines essences de plantation ou conditions de croissance (niveau de charge ou historique de la station); les courbes utilisées pour estimer les paliers d'accroissement proviennent d'une diversité de sources, et le plus souvent directement d'experts provinciaux. Lorsque des essences n'avaient pas leur propre courbe de rendement, on leur a attribué celle d'une autre essence présentant des caractéristiques de croissance semblables ou de l'essence qui était le plus susceptible d'être présente dans ce secteur. Les fluctuations des stocks de carbone dans le sol sont hautement incertaines, en raison des difficultés qu'il y a à trouver des données sur les stocks de carbone avant la plantation. On a présumé que l'écosystème accumulerait généralement lentement le carbone dans le sol; compte tenu de l'échéancier limité de cette analyse et de l'ampleur des activités concernant d'autres activités d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres, on peut en déduire que l'impact de ce degré d'incertitude, s'il existe, est minime.

A3.4.2.3. Estimation des fluctuations des stocks de carbone, des émissions et des absorptions

Au début de chaque pas de temps annuel et lorsqu'un cas de boisement ou de conversion des forêts est traité, le MBC-SFC3 commence par affecter la nouvelle classification d'affectation des terres avant que les impacts soient enregistrés pour faire en sorte 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 au changement d'affectation des terres et par les perturbations liées à d'autres facteurs 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 applique les ensembles de transferts de carbone liés aux processus annuels à tous les registres (forêts aménagées, terres converties en forêts et terres forestières converties à d'autres affectations), ce qui englobe à la fois les peuplements boisés et non boisés. Comme nous l'avons vu ci-dessus, les processus annuels associent la croissance, le renouvellement et les processus de décomposition qui sont appliqués à la superficie totale des forêts aménagées. Les extrants désignent le bilan net de GES des forêts aménagées, y compris la croissance; les émissions immédiates attribuables aux perturbations (fluctuations des stocks de carbone, pertes de carbone 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 de « terres converties en » depuis 20 ans passent à la catégorie de terres « dont la vocation n'a pas changé » et la simulation de la dynamique du C (en général une décomposition) continue dans cette nouvelle catégorie.

Les mêmes données (à l'exception de la croissance des arbres) sont disponibles au sujet des terres forestières converties, mais sont déclarées dans la nouvelle catégorie de terre, par exemple les terres converties en terres cultivées (tableau 5.B du CUPR, rangée 2), les terres converties en terres humides (tableau 5.D du CUPR, rangée 2) et les terres converties en zones de peuplement (tableau 5.E du CUPR, rangée 2). L'estimation des émissions de la matière

Tableau A3–36 Flux de GES absorbés et libérés par les forêts aménagées, 2011

Processus/ phénomène	Bilan des GES (Gg d'éq. CO_2)[1]				
	Biomasse	MOM	Sol	N_2O[3]	Bilan net de l'écosystème
Processus annuels	-2 922 949	2 099 421	613 436	0	- 210 092
Récolte	119 604	18 157	0	337	138 097
Feux de végétation	28 885	120 399	0	6 640	155 924
Insectes[2]	5	0	0	0	5
Total	-2 774 455	2 237 977	613 436	6 976	83 934

Notes :
1. Sur la base d'un réservoir de C, les échanges de GES avec l'atmosphère ne sont pas équivalents aux fluctuations des stocks de C.
2. Les phénomènes ayant un niveau d'émission nul (0) n'entraînent pas d'émission dans l'atmosphère ni d'absorption de gaz de l'atmosphère. Au lieu de cela, ils suppriment la biomasse qui est transférée à la MOM.
3. Le carbone dans les émissions de CH_4 et de CO est compris dans l'évaluation de chaque réservoir, mais les émissions de N_2O sont calculées séparément des émissions totales de CO_2 (voir annexe 8).

organique du sol des terres forestières converties en terres cultivées fait exception, étant établie séparément; les méthodes sont décrites aux sections A3.4.3.3 et A3.4.5.1. De même, les méthodes d'estimation des émissions (par opposition aux fluctuations des stocks de carbone) des terres forestières converties en terres submergées sont décrites à la section A3.3.5.2.

Signalons que l'effet immédiat des perturbations est décelable dans les ensembles de données de sortie pour l'année de la perturbation. Pour les années ultérieures, les émissions et les absorptions postérieures à la perturbation dans les forêts sont simulées comme des procédés annuels. Le MBC-SFC3 ne fait pas la distinction entre les processus postérieurs à la perturbation et les autres processus qui touchent le C de l'écosystème forestier. C'est pourquoi il est impossible de clarifier parfaitement l'incidence à long terme des perturbations sur les forêts aménagées.

Le Tableau A3–36 illustre les estimations de 2011 des grands éléments du bilan des GES dans les forêts aménagées générées par le MBC-SFC3. Les flux les plus importants sont l'absorption du carbone par la biomasse et son rejet par la décomposition de la MOM (respiration hétérotrophique). Le premier est fortement influencé par la répartition des classes d'âge des forêts aménagées; la décomposition de la matière organique dépend du dépôt de litière, de la mortalité et de la décomposition postérieure aux perturbations. Les perturbations dues aux insectes ont provoqué très peu d'émissions immédiates; toutefois, suivant la gravité des infestations et des dégâts causés par les insectes, elles peuvent engendrer 1) une diminution de l'assimilation du C par suite de la réduction de la croissance, 2) d'importants transferts de carbone de la biomasse à la MOM et 3) des altérations à la dynamique à long terme de la décomposition de la matière organique (Kurz *et al.*, 2008a).

A3.4.2.4. 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 nécessitant beaucoup de données, les exigences de calculs peuvent rapidement devenir un facteur limitatif. Les paramètres des modèles et les données d'entrée n'ont pas tous une incidence similaire sur les sorties des modèles. Il est donc important de rechercher un équilibre entre la capacité de calcul disponible et l'inclusion dans l'évaluation de l'incertitude de données d'entrée, de paramètres et d'autres fonctions, pouvant influer considérablement sur les résultats des modèles.

L'approche générale pour évaluer l'incertitude souligne le fait que les données d'entrées 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 carbone dans le sol et de la matière organique morte 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 bootstrap provenant des simulations

par la méthode de Monte Carlo. Les paragraphes suivants présentent des détails sur la caractérisation des sources d'incertitude.

Les données des inventaires forestiers utilisées dans les simulations informatiques 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 les objectifs de l'inventaire. 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 qui entachent, par exemple, les superficies de forêts aménagées, les effets de cette source d'incertitude peuvent indirectement accroître l'incertitude associée à la simulation de l'augmentation de la biomasse. Pour les besoins de la présente évaluation, on présume un accroissement de 50 % de la biomasse; outre les superficies de forêts aménagées, ce pourcentage tient compte des incertitudes 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 carbone forestier dans son ensemble. Les perturbations influent sur les émissions et les absorptions de C à court terme, et à long terme par la décomposition des résidus et la répartition des classes d'âge. On présume des incertitudes de 10 % pour les superficies de forêts aménagées sujettes chaque année à des incendies et de 25 % pour celles sujettes à des infestations d'insectes.

Les incertitudes relatives au carbone libéré par les produits récoltés sont propres aux régions et incorporent des plages d'erreur pour le volume récolté (± 1 %) et des écarts types pour la densité du bois rond et le facteur d'ajustement pour l'écorce (Tableau A3–37). Aucune erreur n'a été présumée pour la proportion de carbone de la biomasse. Le coefficient annuel de variation a été multiplié par deux pour approcher une distribution normale d'une distribution triangulaire.

L'évaluation établit également les incertitudes liées aux émissions découlant de la conversion des forêts; on utilise ici un taux d'incertitude de 30 % pour les zones converties chaque année. La section de cette annexe portant sur la conversion des forêts donne une description du calcul de cette valeur.

Tableau A3–37 Plages d'incertitude pour le carbone des produits ligneux récoltés, par province et territoire du Canada. Source : Metsaranta et al., 2013.)

Province ou territoire	Multiplicateur minimal	Multiplicateur maximal
Alberta	0,9	1,1
Colombie-Britannique	0,92	1,08
Terre-Neuve-et-Labrador	0,96	1,04
Manitoba	0,86	1,14
Nouveau-Brunswick	0,92	1,08
Territoires du Nord-Ouest	0,74	1,26
Nouvelle-Écosse	0,88	1,12
Ontario	0,92	1,08
Île-du-Prince-Édouard	0,88	1,12
Québec	0,86	1,14
Saskatchewan	0,92	1,08
Yukon	0,84	1,16

Les réservoirs du sol et d'autres MOM à décomposition lente contiennent un volume considérable de carbone. De précédents travaux avaient montré que les stocks initiaux de C dans la MOM, au début d'une passe 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 de la matière organique du sol modélisés 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. Une analyse de la sensibilité des émissions de carbone issues de la matière organique morte et des réservoirs de sol a révélé que les paramètres de modèle les plus influents étaient le taux de décomposition pour la matière organique du sol et les rejets atmosphériques de carbone et la décomposition de réservoirs à cycle très rapide, comme la litière et les radicelles mortes (White *et al.*, 2008).

Pour les besoins de la présente analyse, on autorise la variation de vingt-huit paramètres 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 répartition des probabilités des données d'entrée pour l'augmentation de la biomasse, les données d'activité sur les perturbations humaines et naturelles et les paramètres de décomposition sont des données triangulaires. Une fonction de la distribution de probabilité gamma est utilisée pour les intervalles de feux (Metsaranta *et al.*, 2013).

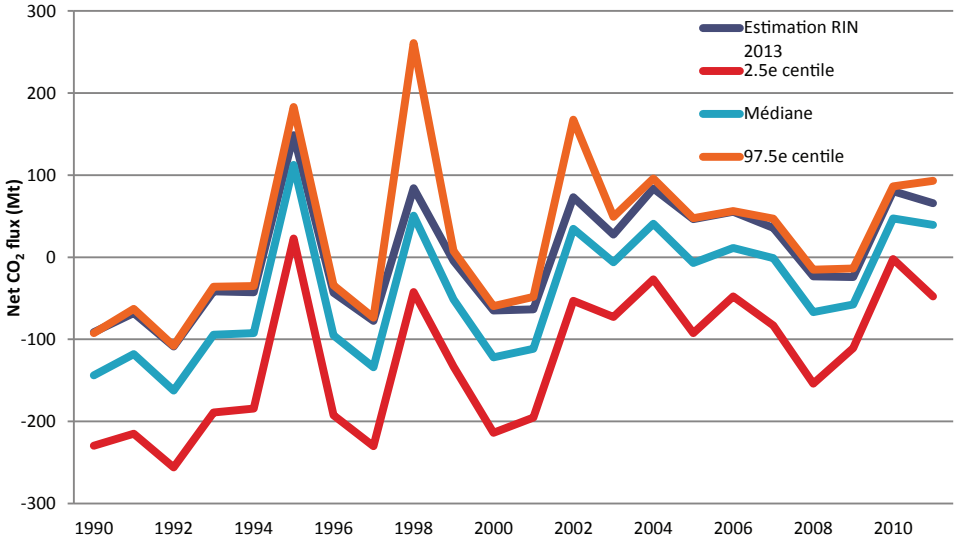
L'incertitude significative qui entache les résultats du cadre de modélisation est attribuable à la sélection aléatoire de peuplements d'arbres sujets à des perturbations dues aux incendies et au déboisement (Kurz *et al.* 2008b), laquelle interagit avec l'incertitude liée aux données des inventaires forestiers. L'analyse tient compte de l'effet aléatoire des algorithmes de sélection des peuplements, en permettant l'initialisation de ces algorithmes au moyen de différentes valeurs de départ.

Il est important de noter les interactions entre les données d'entrée et les paramètres. Par exemple, l'incertitude associée à l'âge d'un peuplement forestier (ou structure de classe d'âge d'un paysage forestier) peut influer sur la productivité simulé e 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 dues aux perturbations – y compris la conversion des forêts à d'autres catégories de terres – ne sont pas seulement régies par les zones touchées, mais aussi par les stocks de carbone présents avant la conversion, les paramètres des matrices de perturbation qui répartissent le carbone 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 liées aux « données d'activité » et aux « coefficients d'émission ».

Les incertitudes concernant les estimations annuelles ont fait l'objet d'un calcul pour la période 1990-2011. Les plages d'incertitude obtenues ont été présentées au chapitre 7 et elles sont illustrées ci-dessous pour les flux nets de CO_2 dans les terres forestières dont la vocation n'a pas changé (TFVPC) (Figure A3–13).

Toutes les sources d'incertitude n'ont pas été prises en compte. Fait important, l'analyse n'a pas porté sur les impacts des processus qui n'ont pas été simulés jusqu'à maintenant. Les résultats ne doivent donc pas servir à évaluer le biais (ou l'exactitude) potentiel des estimations. Il y aurait sans doute lieu de prendre d'autres aspects en considération pour déterminer les effets directs de l'activité humaine, et les incertitudes, en ce qui concerne la dynamique du carbone forestier. Des améliorations

Figure A3–13 Plage d'incertitude des flux nets de CO_2 (TFTF) (lignes pleines minces), la valeur médiane des 100 simulations de la méthode de Monte Carlo (ligne tiretée) et les estimations du rapport de 2013 (ligne épaisse) pour chaque année d'inventaire de la série chronologique de 1990-2011. Source : Metsaranta et al., 2013)



sont prévues pour les prochaines années, par suite de l'amélioration des connaissances, des procédures et de l'accès à une capacité de calcul supérieure.

A3.4.3. Terres cultivées

Les méthodes décrites dans la présente section s'appliquent aux variations des stocks de carbone dans les sols minéraux soumis à la gestion des terres cultivées; à la conversion des terres des catégories des forêts et des prairies en terres cultivées; aux émissions et à l'absorption de CO_2 provenant du chaulage; aux émissions de CO_2 provenant de la culture des histosols; aux variations de la biomasse des espèces vivaces 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 carbone et des émissions de GES des réservoirs de biomasse et de MOM au moment de la conversion des terres forestières en terres cultivées est décrite à la section A3.4.2.3.

A3.4.3.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé

On trouvera une description détaillée des méthodes utilisées pour cette catégorie dans McConkey *et al.* (2007a).

Fluctuations des stocks de carbone dans les sols minéraux

Évolution des pratiques d›aménagement

La quantité de carbone organique retenue dans le sol représente l'équilibre entre les taux d'introduction dus aux 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 carbone organique stocké dans un sol augmente ou baisse. La démarche du GIEC (2003), à l'origine de 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 carbone ou de déperdition du carbone 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 travaillées, comme une réduction de l'intensité de travail du sol, l'intensification des systèmes culturaux, l'adoption de pratiques d'augmentation du 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 travail (CSL) peut entraîner une accumulation sensible 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). Il est possible d'intensifier de nombreux systèmes culturaux en rallongeant la durée de l'activité photosynthétique par réduction des jachères (Campbell *et al.*, 2000, 2005; McConkey *et al.*, 2003) et utilisation accrue de plantes fourragères pérennes (Biederbeck *et al.*, 1984; Bremer *et al.*, 1994; Campbell *et al.*, 1998). L'intensification des systèmes culturaux non seulement augmente la quantité de C qui pénètre dans le sol, mais également réduit les taux de décomposition en refroidissant le sol par ombrage et en l'asséchant. À l'inverse, le fait de passer de systèmes de travail du sol classiques à des systèmes conservateurs ou de systèmes intensifs à des systèmes extensifs a pour effet de réduire généralement 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 rassemblé les données publiées dans des études de longue durée menées au Canada en vue d'évaluer l'effet des pratiques de gestion agricole sur le COS. Cette compilation, de même que l'existence de données sur les activités provenant du *Recensement de l'agriculture*, ont permis de définir plusieurs pratiques d'aménagement et changements de gestion essentiels, utilisés par la suite 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. Changement dans la superficie en jachère
   a) a) Augmentation de la superficie des jachères
   b) b) Diminution de la superficie des jachères

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 manque de clarté, et la superficie de terres irriguées est toujours demeurée relativement constante au Canada. C'est pourquoi on présume que les CAT choisis représentaient les influences les plus importantes et les plus uniformes affectant le COS dans les sols minéraux.

Coefficient de variation des stocks de carbone

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 A3–52:

$$\Delta C = F \times A$$

où:

ΔC	=	variation du stock de COS pour l'année d'inventaire, en Mg de C
F	=	fluctuation annuelle moyenne du COS soumis à un changement d'aménagement (mg C/ha/an)
A	=	superficie touchée par le CAT, en ha

Les superficies de CAT tels que les changements dans les méthodes de culture, le type de récolte et les jachères, proviennent du *Recensement de l'agriculture*. Les données du Recensement fournissent des éléments sur les fluctuations nettes 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 lié à 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 généralement 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 et la fréquence réduite des jachères (VandenBygaart *et al.*, 2003; Campbell *et al.*, 2005). Cependant, même cet ensemble de données relativement important ne couvre pas toute l'étendue géographique de l'agriculture canadienne. En outre, les données de mesure présentent plusieurs difficultés quand 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 sans changement d'aménagement des terres.

En raison de ces limites, un modèle bien étalonné et validé de la dynamique du carbone du sol, le modèle CENTURY (Parton *et al.* 1987, 1988) est utilisé pour calculer les coefficients de carbone 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 vivaces et la superficie des jachères. On a beaucoup utilisé le modèle CENTURY pour simuler le changement de COS dans les conditions propres au Canada (Voroney et Angers, 1995; Liang *et al.*, 1996; Monreal *et al.*, 1997; Bolinder, 2004; 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. Pour estimer les fluctuations de C, il a fallu établir une description généralisée de l'affectation et de l'aménagement des terres à partir de 1910 sur les terres cultivées 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, les engrais épandus (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).

La méthode générale utilisée pour établir les coefficients de C est illustrée à la Figure A3–14 et à la Figure A3–15. Comme point de départ, on a utilisé les valeurs du COS dans la base de données des attributs des polygones PPC (SISCan). Les valeurs du COS dans la base de données proviennent des mesures prises dans le cadre de relevés pédologiques et d'études sur les ressources pédologiques (Tarnocai, 1997); on a présumé qu'elles représentaient la

Figure A3–14 Méthode d'établissement des coefficients de carbone pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt

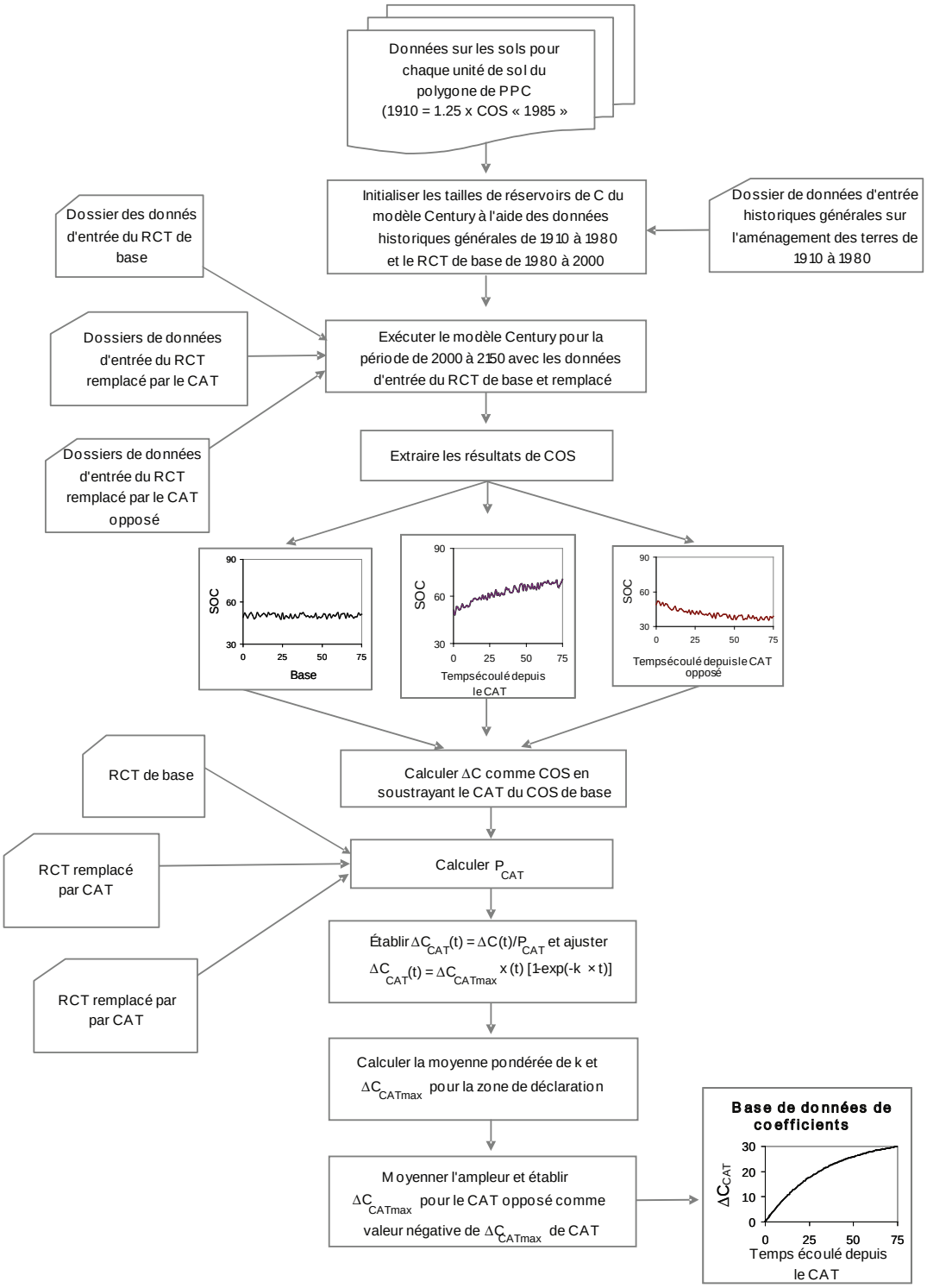
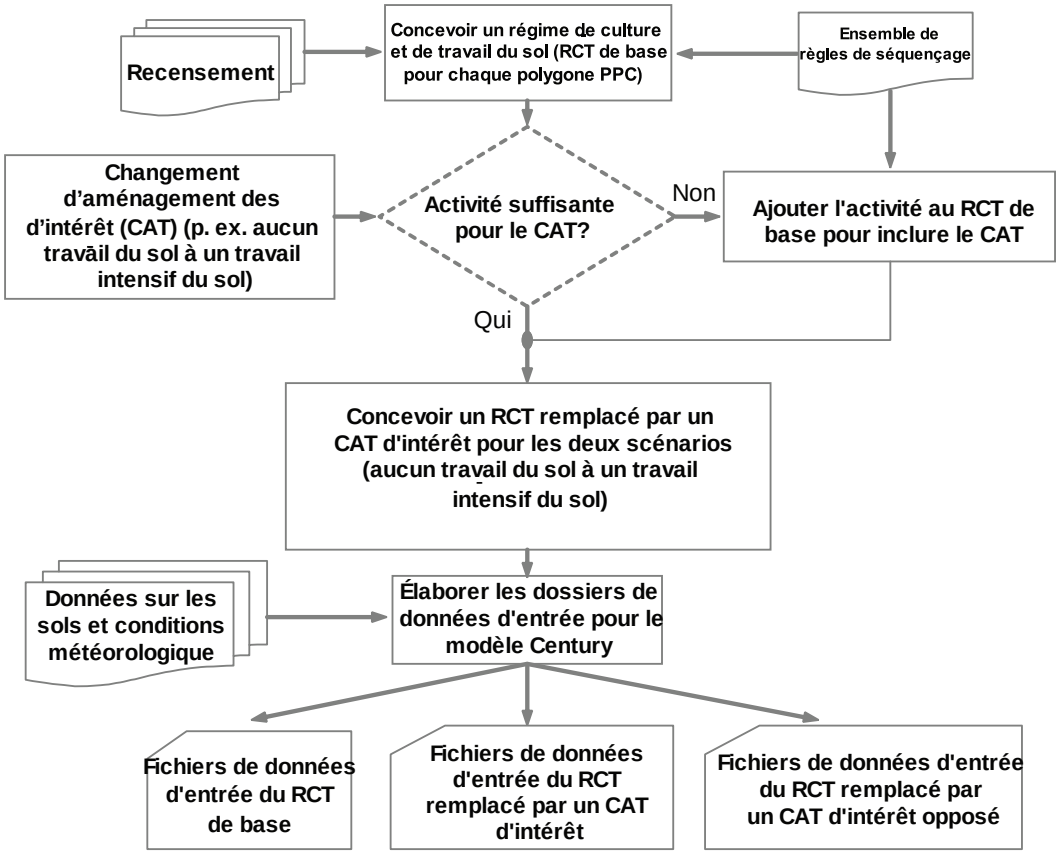


Figure A3–15 Méthode d'établissement de fichiers de données d'entrée pour l'aménagement des terres utilisés par le modèle Century afin d'estimer le coefficient de carbone pour un changement d'aménagement des terres d'intérêt



teneur moyen en COS dans les terres cultivées en 1985. Le COS initial de 1910 a été estimé à 1,25 fois le COS dans le polygone PPC. On a estimé les coefficients de fluctuation du COS à partir de la différence dans les stocks de COS entre la simulation d'une affectation généralisée des terres et un scénario d'aménagement avec et sans le CAT d'intérêt (Smith *et al.*, 2001).

Un régime de culture et travail du sol sur 10 ans (RCT) a été établi 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, cultures vivaces et jachère) 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 plantées de céréales et 20 % de terres de CSL équivaut à 2 ans sur 10 de céréales et 2 ans sur 10 de CSL. Des séquences temporelles des pratiques culturales et de travail du sol sont établies à partir d'ensembles de règles définies par des experts, comme « une jachère ne suit jamais une jachère » et « la culture du maïs suit généralement celle du soja ». Ainsi, on arrive facilement à saisir un RCT de base et des remplacements des CAT dans le RCT dans le modèle CENTURY.

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 sujettes à un CAT.

Équation A3–53:

$$\Delta C_{CAT}(t) = \frac{\Delta C}{p_{CAT}}$$

où :

$\Delta C_{CAT}(t)$	=	différence du COS entre les systèmes de gestion d'une année à l'autre (Mg COS/ha)
P_{CAT}	=	proportion de la superficie soumise à un système de gestion donné sous réserve du CAT.

On peut calculer la proportion (p_{CAT}) en soustrayant la proportion d'AT dans le régime de base de celle d'AT dans le nouveau régime après le changement d'aménagement des terres, comme suit :

Équation A3–54:

$$P_{CAT} = P_{ATbase} - P_{ATnouveau}$$

où :

P_{ATbase}	=	fraction de l'aménagement de terres d'intérêt dans le régime d'aménagement des terres de base
$P_{LATnouveau}$	=	fraction de l'aménagement de terres d'intérêt dans le nouveau régime d'aménagement des terres

On trouvera ci-dessous un exemple de séquences d'utilisation du modèle Century pour un loam de Lethbridge (tchernoziom brun foncé d'orthite) dans l'écozone de déclaration des prairies semi-arides. On a effectué une passe 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 2001. On a procédé à des simulations du COS avec le modèle CENTURY en remplaçant sept des dix cultures annuelles par des cultures vivaces dans la combinaison de base. Dans un essai distinct, quatre années de TI sur dix dans la combinaison de base ont été remplacées par la CSL (Figure A3–16). 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 A3–53). 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} (Équation A3–54). La Figure A3–17 illustre la série chronologique de ΔC_{CAT}. Dans ce cas particulier, les valeurs respectives de P_{CAT} pour la transition du TI à la CSL et l'ajout des cultures vivaces ont été de 4/10 et de 7/10.

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 :

Figure A3–16 Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture vivace (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction de passes du modèle CENTURY pour un loam de Lethbridge

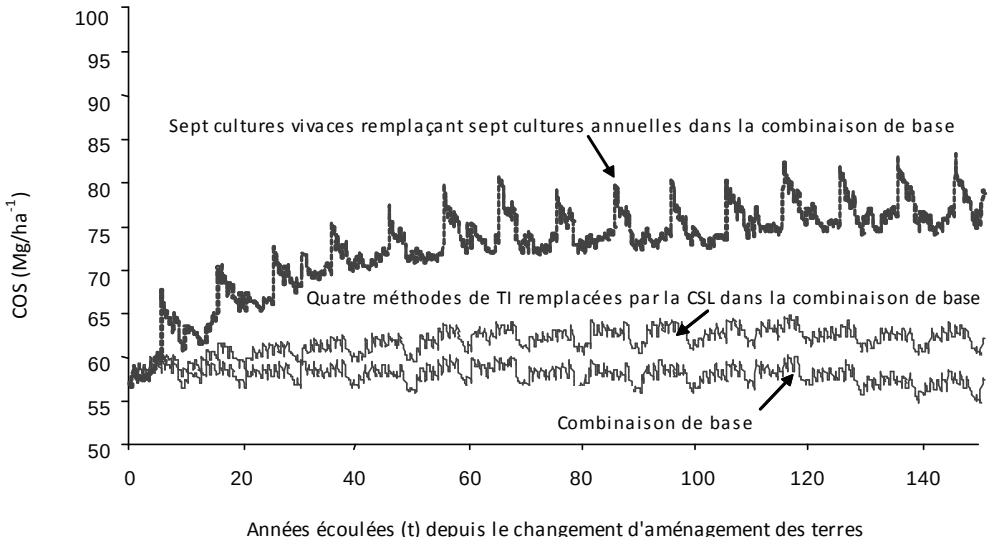


Figure A3–17 Fluctuations du COS dans le cadre de simulations avec remplacements par rapport à des simulations de la combinaison de cultures de base

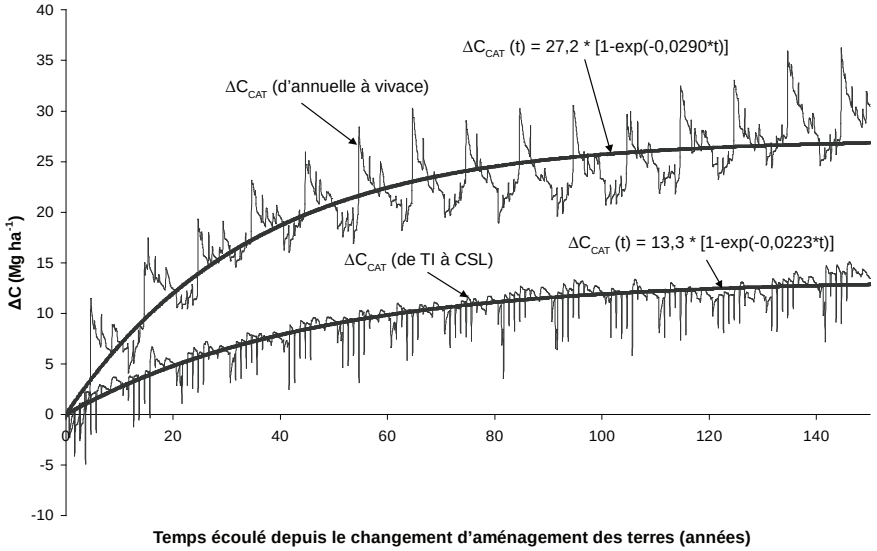
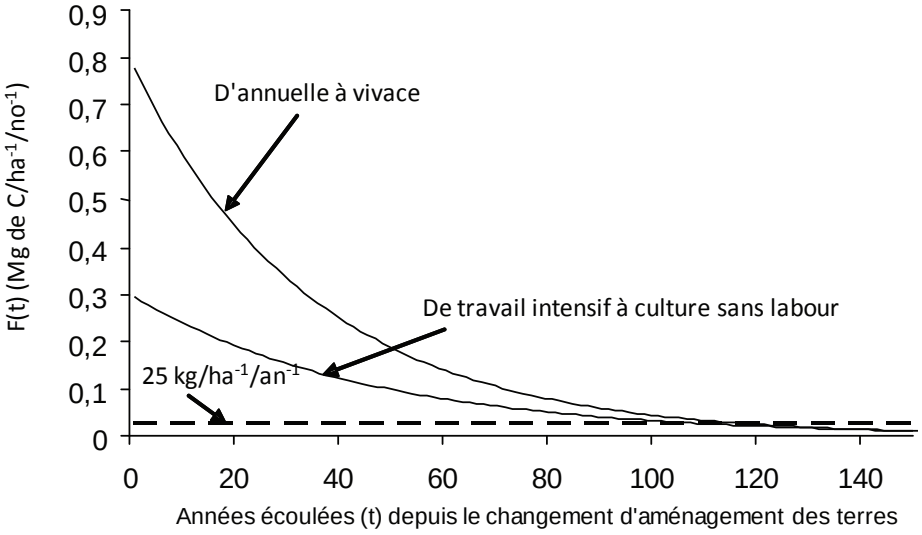


Figure A3–18 Coefficients du carbone en fonction du temps



Équation A3–55:

$$\Delta C_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - exp^{(-k \times t)}]$$

où :

ΔC_{CATmax}	=	variation maximale du COS induite par le CAT
k	=	constante de taux
t	=	année

Dans la pratique, les équations exponentielles sont rajustées statistiquement à l'aide d'un logiciel standard d'analyse statistique selon les méthodes des moindres carrés. La pente de l'équation exponentielle a des unités de mg C/ha par an et représente la valeur instantanée des facteurs. 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 A3–56:

$$F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [exp^{(-k \times [t-1])} - exp^{-k \times t}]$$

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 FCAT(t) a chuté à 25 kg C/ha par an. Ce taux est inférieur à une limite de mesure pratique (Figure A3–18).

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-vivaces). 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 agricole sur chaque échantillon (Tableau A3–38). 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 ou supérieures à 0,15 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.

La dynamique des fluctuations du COS en fonction des changements de la jachère a fait l'objet de nombreuses études au Canada. C'est pourquoi, au lieu d'utiliser la valeur de ΔC_{CAT}max tirée des simulations du modèle Century, on a fixé la valeur de ΔC_{CATmax} de manière à ce que F soit de 0,15 mg C/ha par an (Campbell *et al.*, 2005) à 20 ans selon une valeur P_{CAT} de 0,5 (par exemple, passage d'une proportion des superficies en jachère de 50 % à zéro). La valeur k a été établie à partir des simulations du modèle Century, comme nous l'avons vu ci-dessus.

En général, on peut s'attendre à ce que les déperditions de COS lors d'un CAT soient supérieures aux gains de COS lors d'un CAT inverse. Toutefois, cet effet dépend dans une large mesure de la quantité relative de COS au moment du CAT. Pour le moment, par souci de transparence et de simplicité, comme il est impossible de documenter le niveau de COS correspondant à chaque CAT, on tient pour acquis que les coefficients sont réversibles. Or, la réversibilité présuppose que l'effet d'un CAT sur le COS dans un sens est exactement l'inverse de l'effet du changement de pratique sur le COS dans le sens opposé.

Validation des coefficients associés au carbone au sol

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 dérivée des données empiriques. Le coefficient TI-CSL moyen des expériences menées dans la région des Prairies subhumides était plus de quatre fois supérieur à celui des Prairies semi-arides. Le coefficient moyen dérivé du 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 dérivé du modèle Century pour la zone de déclaration des Prairies subhumides était inférieur d'environ 30 % au coefficient dérivé des expériences sur le terrain.

Si on considère le passage de cultures annuelles aux cultures vivaces, le coefficient empirique moyen était de 0,59 mg C/ha par an, ce qui se compare favorablement à la plage de 0,46 à 0,56 M COS/ha par an des facteurs modélisés dans les zones des forêts-parcs, des Prairies semi-arides et de l'Ouest (Tableau A3–38). 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 M COS/ha par an; valeurs modélisées : 0,74-0,77 M C/ha par an).

Pour ce qui est de la conversion de l'alternance culture-jachère à la culture continue, le taux de stockage du C dépassait le double du taux moyen de 0,15 ± 0,06 Mg/ha par an dérivé de deux études documentaires indépendantes. Cet écart justifie la décision d'utiliser des facteurs

Tableau A3–38 Valeurs généralisées des paramètres relatifs à $F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - exp^{(-k \times t)}]$ pour prévoir les fluctuations résultant du changement d'affectation des terres (CAT) et les coefficients linéaires efficaces de fluctuation du COS

Zone[1]	CAT[2]	k/an	ΔC_{CATmax} (Mg/ha)	Dernière année d'effet d'après le CAT[3]	Coefficient linéaire moyen annuel de durée de l'effet du CAT (Mg/ha par an)	Coefficient linéaire moyen annuel pour les premières 20 années du CAT (Mg/ha par an) (Mg/ha 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
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,3
	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
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,3
	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
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,3
	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
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,3
	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
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,3
	Augmentation des vivaces	0,0155	34,4	198	0,17	0,46

Notes :

1. 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 Terre-Neuve-et-Labrador; « 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 Ontario et au Québec; « 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.
2. Pour les changements d'aménagement des terres dans le sens opposé à celui qui est énuméré, la valeur FCATmax est l'inverse additif de la valeur indiquée.
3. Aucune autre fluctuation de C quand la valeur absolue du taux de fluctuation est inférieure à 25 kg C/ha par an.

empiriques pour évaluer les fluctuations de la jachère d'été dans l'inventaire.

Estimation des changements des stocks de carbone du sol

Les fluctuations du carbone du sol résultant d'un CAT ont été déclarées pour la période 1990-2011. Compte tenu de l'effet de la diminution des CAT avec le temps, une année ou une période où le changement est censé être survenu est attribuée à chaque CAT. Le coefficient de variation du C a été multiplié par la superficie sujette à un CAT. La somme de la valeur résultante pour chaque composante du sol donne une estimation des changements de COS pour le polygone PPC. Il s'agit de la plus petite unité géoréférencée des stocks de carbone organique des sols et des variations des stocks de carbone, la comptabilisation reposant sur une méthode de niveau 2 du GIEC comme suit :

Équation A3–57:

$$\Delta C_{CAT} = \sum_{1951-2011} \sum_{TOUSPPC} (\Delta C_{TRAVAIL} + \Delta C_J + \Delta C_{CULTURE})$$

où :

ΔC_{CAT} = changement des stocks de COS attribuable au CAT d'une année donnée depuis 1951

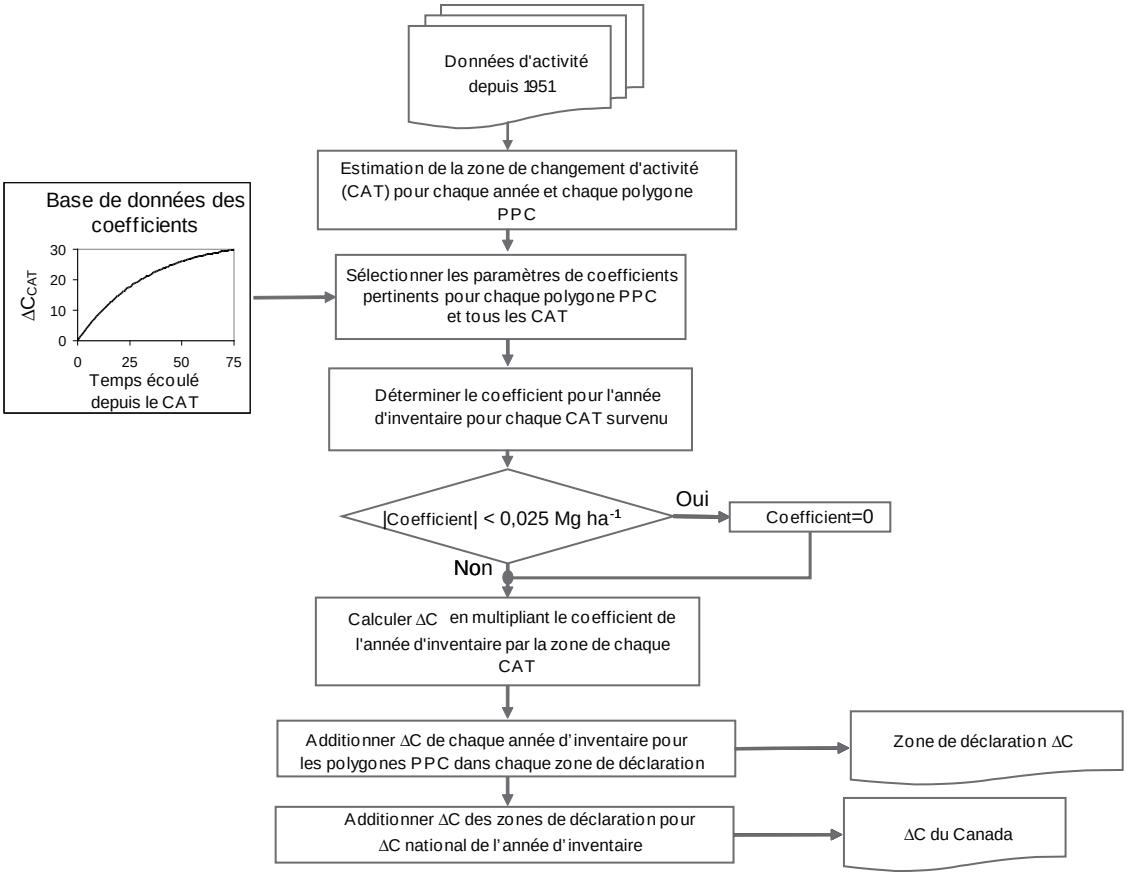
$\Delta C_{TRAVAIL}$ = changement des stocks de COS attribuable à un changement des méthodes de travail du sol dans chaque PPC, étant donné que chaque pratique de travail change

ΔC_J = changement des stocks de COS attribuable au changement des jachères dans chaque PPC

$\Delta C_{CULTURE}$ = changement des stocks de carbone attribuable au changement des cultures annuelles et vivaces dans chaque PPC

La Figure A3–19 illustre la méthode de comptabilisation du C.

Figure A3–19 Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres pour estimer la variation du carbone sur de grandes superficies



Sources de données

Pour estimer les fluctuations des stocks de carbone, 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 carbone (modélisation) et à établir les estimations réelles des changements des stocks de C. Parmi les données qui servent essentiellement à la modélisation des coefficients de C figurent les PPC, les systèmes de culture et de labour tirés des données du Recensement de l'agriculture ainsi que le rendement des cultures, les données climatologiques et les données sur les activités provenant d'autres relevés et bases de données. Les pratiques d'aménagement des terres du Recensement de l'agriculture sont principalement utilisées pour estimer les changements annuels de stocks de C.

Informations sur les terres et activités

Les pédo-paysages du Canada (PPC) sont une base de données spatiales nationale qui décrit les types de sols associés à la topographie et présentés comme polygones à une échelle voulue de représentation de 1:1 million[16]. La version 3.0 des PPC a été retenue 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. De plus, 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 dans la région 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 fichiers de composante, de nom de sol et de couche 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, comme les pratiques de travail du sol ou les systèmes culturaux provenant du *Recensement de l'agriculture*, ou encore la conversion de terres forestières et de prairies en terres cultivées, à des coefficients de C modélisés.

Unités analytiques

On dénombre 3 264 polygones des PPC où sont menées des activités agricoles. Étant donné que les polygones des PPC comportent plusieurs éléments des pédo-paysages, la résolution spatiale la plus fine pour l'analyse des activités agricoles est constituée par 11 530 combinaisons uniques de composantes du pédo-paysage dans les polygones des PPC. Ces combinaisons uniques représentent les unités analytiques de base. L'emplacement des composantes de gestion des terres et 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 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 les rendent plus ou moins susceptibles d'avoir différents types d'activités agricoles. 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. Les cultures agricoles annuelles sont liées à ces composantes avec une cote de probabilité élevée. En cas de superficie insuffisante assortie d'une cote élevée de probabilité de porter des cultures agricoles annuelles pour la superficie des cultures annuelles, les cultures agricoles annuelles restantes ont été liées aux composantes présentant une probabilité modérée de porter des cultures agricoles annuelles et, au besoin, à des composantes assorties d'une cote faible. Après avoir lié 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.

Rendement des cultures

Le rendement des cultures au niveau des écodistricts a été calculé à partir des sondages annuels menés par Statistique Canada auprès d'un maximum de 31 000 agriculteurs, stratifiés par région, afin d'établir des estimations de la superficie, du rendement, de la production et des stocks des principaux produits de grande culture cultivés au Canada. Statistique Canada publie huit documents, à des moments stratégiques de la campagne agricole; le

16 Disponible sur Internet à l'adresse : http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/slc/v1/intro.html.

premier rapport sectoriel contient les intentions de plantation des producteurs, alors que les estimations de juin sont établies après qu'on ait terminé la majeure partie de l'ensemencement. Les rendements et les niveaux de production par province sont estimés à deux reprises, selon les attentes à la fin de la récolte, alors que l'estimation du mois de novembre est publiée après la récolte. Les données, diffusées au niveau des régions agricoles du Recensement, font état des rendements des cultures d'environ 70 unités spatiales au pays. Les limites des régions agricoles du Recensement recoupent les limites des PPC dans un SIG, et on attribue une valeur de rendement de chaque culture dans chaque polygone des sols en fonction d'une proportion majoritaire. Les données qui ont servi à la comptabilisation 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. Ces rendements ont servi à étalonner le sous-modèle de croissance des cultures Century.

Données climatologiques

On dénombre 958 stations météorologiques dans la base de données météorologiques archivées d'AAC. Pour modéliser les coefficients de C, On a utilisé les normales à long terme des températures mensuelles maximales et minimales (en °C) et des précipitations (en mm) de 1951 à 2001 dans chaque écodistrict. Les données météorologiques archivées d'AAC ont été fournies par le Service météorologique du Canada d'Environnement Canada.

Recensement de l'agriculture

La comptabilisation des données sur les terres agricoles dont la vocation n'a pas changé se fonde principalement sur les données provenant du *Recensement de l'agriculture*. Le plus petit secteur pour lequel Statistique Canada est prêt à divulguer des données à l'extérieur, pour des raisons de confidentialité, est le secteur de diffusion/dénombrement (environ 52 000 au Canada). Agriculture et Agroalimentaire Canada a reconfiguré les données du recensement relatives à 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 des secteurs de diffusion en polygones des PPC (et en unités d'écostratification de niveau supérieur) à l'aide d'une procédure qui prévoit des recouvrements géographiques des fichiers des limites pertinentes.

Les données sur les pratiques de travail du sol sont extraites du Recensement selon les catégories suivantes : i) TI - travail qui incorpore la majeure partie des débris végétaux dans le sol; ii) TRS - travail qui maintient la majeure partie des débris végétaux à la surface du sol; iii) CSL - culture sans labour ou semis direct. Pour ce qui est des jachères, les catégories sont les suivantes : i) CSL - superficie sur laquelle on a utilisé seulement des produits chimiques pour lutter contre les mauvaises herbes; ii) TI - superficie sur laquelle on a uniquement travaillé le sol; iii) TRS - superficie sur laquelle on a utilisé une combinaison de travail et de produits chimiques. Les données du Recensement présentent deux limites relatives aux pratiques de travail du sol qui se sont soldées par des incertitudes : i) les données de Statistique Canada et les avis d'experts révèlent que les composantes de conservation sont généralement sous-estimées; ii) les distributions du travail du sol telles qu'elles sont déclarées pour une région doivent être appliquées de manière égale à toutes les cultures au sein de cette région.

Degré d'incertitude

Pour dériver des degrés d'incertitude associés à l'estimation des émissions ou des absorptions de CO_2, il faut d'abord estimer l'incertitude reliée à la superficie des CAT et aux coefficients de C correspondant aux changements d'aménagement des terres entre la jachère, le travail du sol et les cultures annuelles et vivaces (McConkey *et al.*, 2007b).

On a déterminé le degré de l'incertitude relative à la superficie du changement à l'échelle des écodistricts (un niveau d'agrégation spatiale au-dessus du PPC). 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 relative à la superficie peut être considéré relativement plus fiable pour un écodistrict que pour un polygone de PPC.

Le degré d'incertitude de la superficie sujette à une pratique d'aménagement à un moment précis pour 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 de gestion (exprimée comme l'écart type d'une population supposée normale) a baissé, passant de 10 % à 1,25 % de la superficie à mesure qu'augmentait la superficie relative de cette pratique[17].

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 vivaces ont deux sources d'influence principales : 1) l'incertitude des processus associée aux changements du C, attribuable à l'inexactitude des prédictions relatives aux changements du C, même si la situation de la pratique d'aménagement était définie à la perfection; 2) l'incertitude situationnelle associée aux changements 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 prises en compte. 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 dérivés pour le Canada 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, la variabilité des conditions météorologiques ou des propriétés du sol, la variabilité de l'aménagement des cultures et 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 vivaces 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'unité de conciliation. On a calculé les changements du C pour un grand nombre de combinaisons d'aménagements. On a également inclus un éventail de conditions météorologiques historiques par écodistrict 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 dérivés pour le Canada (McConkey *et al.*, 2007b).

Bien qu'on s'attende à une interaction entre l'incertitude de processus et l'incertitude situationnelle, étant donné la complexité des nombreuses interactions possibles entre les écarts attribuables à l'incertitude des processus et ceux attribuables à l'incertitude situationnelle, il est impossible de décrire leurs relations. On a donc supposé que l'écart total des variations du C correspond à la somme des écarts associés aux incertitudes des processus et situationnelle. On trouvera dans McConkey *et al.* (2007b) des renseignements détaillés sur la façon d'estimer l'incertitude. Le chapitre 7 donne les résultats de cette estimation.

Émissions de CO_2 attribuables à l'épandage de chaux agricole

Le calcaire ($CaCO_3$) et la dolomite ($CaMg[CO_3]_2$) sont souvent utilisés pour neutraliser les sols acides, accroître l'assimilabilité des éléments nutritifs du sol, en particulier le phosphore, réduire la toxicité des métaux lourds et améliorer le milieu de croissance des cultures. Durant le processus de neutralisation, du CO_2 est rejeté lors des réactions d'équilibre du bicarbonate qui ont lieu dans le sol.

Le taux de rejet varie selon l'état du sol et les types de produits que l'on épand. Dans la plupart des cas, on répète l'épandage à plusieurs reprises. Ainsi, pour les besoins de l'inventaire, on présume que le taux annuel d'ajout de chaux est pratiquement en état d'équilibre avec la consommation de chaux des années précédentes. Les émissions liées à l'épandage de chaux sont calculées à partir de la quantité et de la composition de la chaux épandue chaque année.

La quantité de C rejetée par l'épandage de calcaire est calculée au moyen de la méthode de niveau 1 par défaut du GIEC (GIEC, 2003) :

17 Huffman T. (Agriculture et Agroalimentaire Canada). 2006. Communication personnelle à B.G. McConkey (Agriculture et Agroalimentaire Canada).

Équation A3–58:

$$C = \sum (A_i \times 12/100)$$

où :

A_i	=	consommation annuelle du calcaire dans la province i (Mg/an)
12/100	=	rapport entre le poids moléculaire du carbone et celui du calcaire

De même, la quantité de C rejetée à la suite de l'épandage de dolomite est calculée de la manière suivante :

Équation A3–59:

$$C = \sum (A_i \times 24/184.3)$$

où :

Ai	=	consommation annuelle de chaux dolomitique dans la province i (Mg/an)
24/184.3	=	rapport entre le poids moléculaire de 2C et celui de la dolomite

Il n'existe pas de source unique de données sur l'épandage de chaux sur les sols agricoles. La quantité de chaux utilisée dans l'agriculture n'est pas une donnée que recueille Statistique Canada. Les données sur l'utilisation de chaux ont été fournies par les associations de producteurs d'engrais de l'ouest du Canada, de l'Atlantique, de l'Ontario et du Québec.

Degré d'incertitude

L'incertitude (intervalle de confiance de 95 %) associée aux données sur la consommation annuelle de chaux a été estimée à ±50 %[18] . On a supposé que ce degré d'incertitude comprenait l'incertitude des ventes de chaux, l'incertitude de la proportion entre chaux dolomitique et chaux calcitique, l'incertitude quant au moment où la chaux vendue est réellement épandue et l'incertitude quant au moment des émissions découlant de l'épandage de la chaux. On n'a pas tenu compte de l'incertitude du coefficient d'émission parce que la conversion chimique est supposée être finie et on a utilisé la valeur maximale de ce coefficient.

18 B.G. McConkey (Agriculture et Agroalimentaire Canada), communication personnelle à Chang Liang (Environnement Canada), 2007.

Émissions et absorptions de CO_2 imputables à la biomasse ligneuse

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 dans la mesure où les variétés, les techniques de production et même les porte-greffes sont souvent les mêmes. On 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, la biomasse des pousses et des feuilles est fixée à la valeur constante de 4 Mg/ha, alors que 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 par an (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 6,9 mg C/ha, ce qui équivaut à la biomasse sur

pied moyenne 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 pommiers et pêchers était étroite, entre 36 et 40 Mg/ha (McConkey *et al.*, 2007a). Cette similitude n'a rien d'étonnant étant donné que, quelles que soient 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. On a calculé le taux annuel de piégeage du C sur une période de croissance de 12 ans, ce qui a donné 1,6 mg C/ha par an. Le même taux, multiplié par un rapport système racinaire/système foliacé de 0,40 (Bartelink, 1998), a été utilisé pour estimer le taux de piégeage du C dans la biomasse souterraine. On a présumé que, dans les nouveaux vergers, les arbres accumulent de la biomasse à un taux linéaire pendant 10 ans (l'âge moyen des arbres d'une plantation). La perte instantanée de C lors d'une diminution des vergers équivaut à 50 % de la biomasse totale d'un arbre âgé de 10 ans (22,4 mg C/ha).

En général, les arbres de Noël sont commercialisés à l'âge d'environ 10 ans (Mc Conkey *et al.*, 2007a). Le bois représente environ 70 % de la biomasse d'un arbre de Noël, et le bois vert a un taux d'humidité de 60 à 80 %. Avec un espacement type et une masse marchande prévue de 10 kg par arbre, une plantation d'arbres marchands a une densité de biomasse aérienne de 17,1 Mg/ha. 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. Le piégeage du carbone dans la biomasse de nouvelles plantations d'arbres de Noël est calculé pour cinq ans à des taux de 0,85 et 0,26 mg C/ha 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.

Degré d'incertitude

Les plants qui poussent mal sont régulièrement enlevés et remplacés. Souvent, les arbres fruitiers et les vignes sont 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 cette incertitude, on a utilisé le degré d'incertitude par défaut de ±75 % pour la biomasse ligneuse sur les terres cultivées, tiré des *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie* du GIEC (GIEC, 2003). Si on estime que la perte de superficie d'arbres fruitiers, de vignes ou d'arbres de Noël s'est faite au profit de cultures annuelles, on présume également une certaine conversion des cultures vivaces au profit des cultures annuelles, 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 CO_2 dans l'atmosphère.

Méthodologie

La méthode de niveau 1 du GIEC repose sur le taux de carbone rejeté par unité de superficie :

Équation A3–60:

$$C = \sum (Ai \times CE)$$

où :

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 par an. On a utilisé un CE par défaut de 5,0 mg C/ha par an (GIEC, 2006).

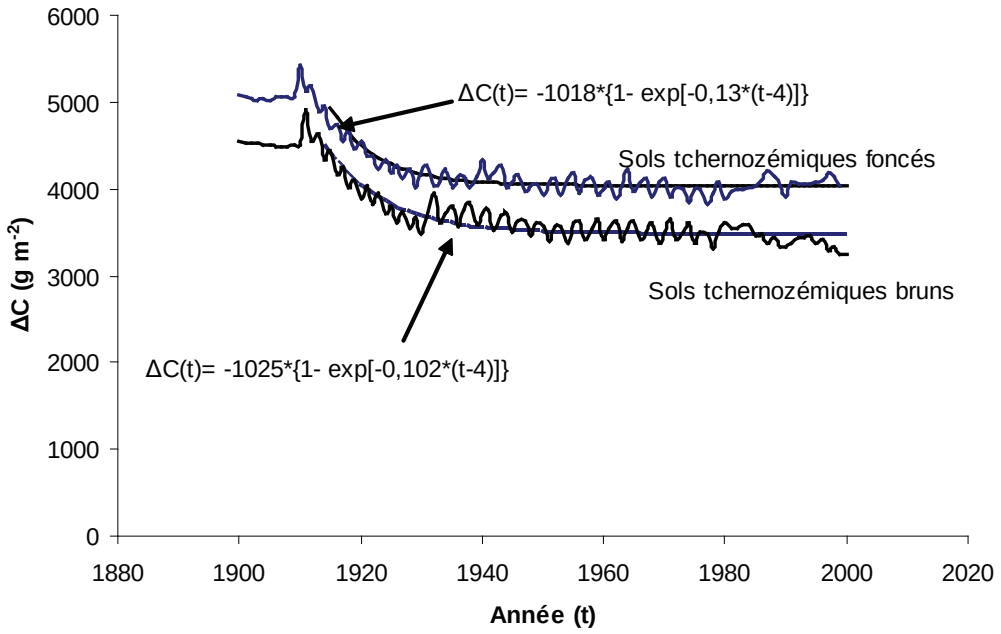
Sources de données

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 de la

Figure A3–20 Dynamique du COS simulée sur un siècle après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernozémiques bruns et foncés



superficie pour les histosols cultivés ainsi qu'au coefficient d'émission. On évalue la limite de confiance à 95 % associée à l'estimation de la superficie des histosols cultivés à ±50 % (Hutchinson et al., 2007). La limite de confiance à 95 % du coefficient d'émission proposée dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2006) est de ±90 %.

A3.4.3.2. Prairies converties en terres cultivées

La conversion de prairies indigènes en terres cultivées entraîne généralement des pertes de COS et d'azote organique du sol, ce qui a pour effet de rejeter du CO_2 et du N_2O dans l'atmosphère.

Un certain nombre d'études sur les changements 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, 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 mise en culture.

Le modèle CENTURY (version 4.0) est utilisé pour estimer la dynamique du COS résultant de la conversion des prairies en terres cultivées pour les tchernoziomes bruns et brun foncé (Figure A3–20). 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 A3–61:

$$\Delta C(t) = \Delta C_{Bmax} \times \left[1 - exp^{(-k \times [t - t_{éc}])}\right]$$

où :

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la te année après la conversion, en mg C/ha
ΔC_{Bmax}	=	le changement ultime du COS des prairies à la terre cultivée, MgC/ha
k	=	vitesse constante qui décrit la décomposition
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 ΔCOSBmax s'établit alors à 0,22/(1-0,22) = 28 % du COS stabilisé sous des conditions de culture. Étant donné l'incertitude de la dynamique réelle, on n'a présumé qu'il n'y avait eu aucun décalage dans la déperdition de COS depuis la mise en culture des prairies jusqu'au déclin immédiat suivant la mise en culture. 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 A3–62:

$$\Delta C(t) = 0{,}28 \times COS_{agric} \times \left[1 - exp^{(-0{,}12 \times t)}\right]$$

où :

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la $t^{ième}$ année après la conversion, en mg C/ha
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

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 A3–63:

$$\Delta C_{PR-TC} = \sum_{1951-2011} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AIRE_{PR-TC})$$

où :

ΔC_{PR-TC}	=	pertes de COS attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées de 1951 à 2011, en Mg C
TOUSPPC	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_t	=	variation du COS pour la tième année après la conversion, en mg C/ha
$AIRE_{PR-TC}$	=	superficie des prairies converties annuellement en terres cultivées depuis 1951, en ha

Pertes d'azote organique du sol et émissions de N_2O

On estime que la variation de la concentration en azote organique du sol correspond à une proportion fixe des pertes de carbone. 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 N_2O dans les prairies converties en terres cultivées ont été calculées au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC :

Équation A3–64:

$$N_2O_{PR-TC} = \sum_{1951-2011} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AIRE_{PR-TC} \times 0{,}06 \times CE_{BASE}) \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{PR-TC}	=	émissions de N_2O en 2010 attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées depuis 1951, en kt
TOUSPPC	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_{PR-TC}	=	variation du COS pour la $t^{ième}$ année après la conversion, en mg C/ha
$ARIE_{PR-TC}$	=	superficie des prairies converties annuellement en terres cultivées depuis 1951, en ha
CE_{BASE}	=	coefficient d'émission de N_2O, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations divisées par l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre; P/EP) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.3.6)
0,06	=	rapport entre les pertes de NO et de CO
44/28	=	Facteur de conversion de N_2O- N à N_2O

Sources de données

La superficie des prairies dont la vocation n'a pas changé (PR-PR) en 2000 a été estimée au moyen de la couverture du sol (circa 2000)[19], et les superficies de prairies, pour l'ensemble de la série chronologique, ont été conciliées avec les estimations de superficie des prairies converties en terres cultivées (PR-TC) en 2009 et par la suite.

Dans un PPC, les PR-PR ont été affectées aux composantes du sol cotées « faibles » en ce qui concerne la « probabilité d'être cultivées » Une fois attribuées aux polygones des PPC, les superficies totales des PR-PR ont été regroupées au niveau de l'écodistrict ou de l'unité de rapprochement, comme prescrit pour chaque année depuis 1990.

Degré d'incertitude

La conversion de prairies agricoles en terres cultivées est permise, contrairement à la conversion dans l'autre. L'incertitude de la superficie soumise à cette conversion dans un écodistrict donné ne peut être plus grande que l'incertitude de la superficie finale des terres cultivées ou de la superficie initiale de prairie. Par conséquent, on a établi le degré d'incertitude de la superficie de conversion au moindre du degré d'incertitude de la superficie de terres de la catégorie des terres cultivées ou de celle des prairies. On a présumé que le coefficient de mise à l'échelle était le même que pour les conversions entre cultures annuelles et vivaces (McConkey *et al.*, 2007b).

19 Couverture du sol (circa 2000). http://www.geobase.ca/geobase/fr/data/landcover/csc2000v/description.html.

A3.4.3.3. Forêts converties en terres cultivées

Émissions de CO_2 et de N_2O des sols

Le défrichage des forêts pour accroître la superficie de terres agricoles est en baisse, mais reste important au Canada. La présente section décrit la méthode d'estimation des changements des émissions de CO_2 et de N_2O se rattachant aux perturbations du sol. La méthode d'estimation des émissions de la biomasse au moment de la conversion est présentée à la section A3.4.2.3. En ce qui concerne les fluctuations du COS, il faut faire la distinction entre l'est et l'ouest du pays.

Est du Canada

Il existe quantité d'observations qui comparent le COS dans les terres couvertes de forêts et les terres agricoles attenantes dans l'Est du Canada. La perte moyenne de C était de 20,3 % à une profondeur d'environ 30 cm (McConkey *et al.*, 2007a). Cette valeur est comparable à celle qu'on retrouve dans la base de données des sols de SISCan (Tableau A3–39), 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 carbone dans les sols couverts de forêts.

Même si, dans le Tableau A3–39, le COS des terres boisées représente 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 du C dans la couche de litière et du C organique dans les débris du

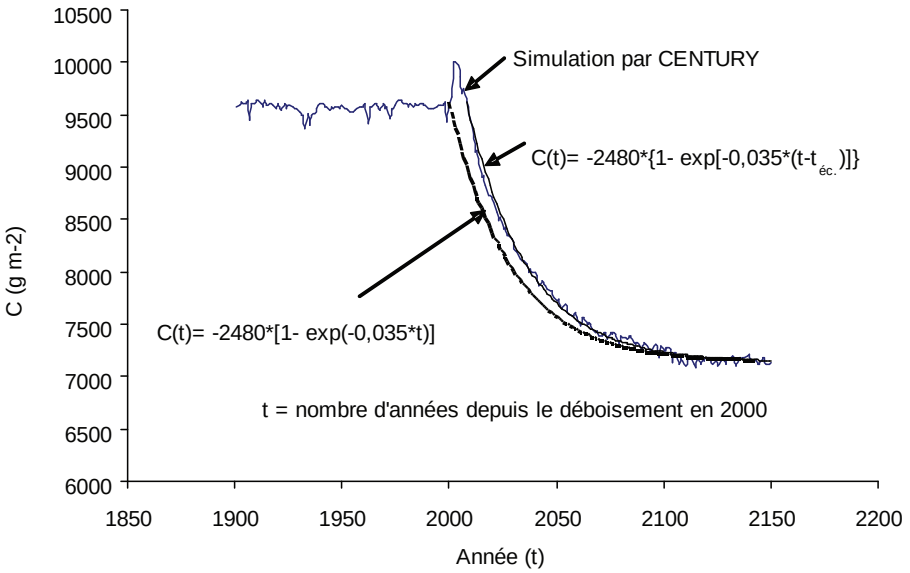
Tableau A3–39 COS dans les terres forestières et agricoles de l'est et de l'ouest du Canada selon le Système d'information sur les sols du Canada (profondeur de sol de 0 à 30 cm)

Texture du sol	Carbone organique du sol (Mg C/ha)		Différence (%)
	Terre forestière[1]	Terre cultivée[1]	
Est du Canada			
Grossière	85 (26)	68 (42)	-20
Moyen	99 (38)	77 (35)	-22
Fine	99 (58)	78 (36)	-21
Ouest du Canada			
Grossière	73 (39)	74 (38)	0
Moyen	66 (30)	73 (30)	4
Fine	74 (38)	77 (25)	1

Note :

1. L'écart-type est entre parenthèses.

Figure A3–21 COS simulé selon le modèle CENTURY après la conversion d'une forêt caducifoliée en terres cultivées



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 le COS mesuré 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. La Figure A3–21 donne un exemple d'une telle dynamique. 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 A3–18, en négligeant l'augmentation initiale du COS :

Équation A3–65:

$$\Delta C(t) = \Delta C_{CMAX} \times \left[1 - exp^{(-k \times [t - t_{éc}])}\right]$$

où :

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la $t^{ième}$ année après la conversion, en mg C/ha
ΔC_{Cmax}	=	changement ultime du COS depuis la conversion des forêts jusqu'à l'agriculture, mg C/ha
k	=	constante qui décrit la décomposition, par $année^{-1}$
t	=	temps écoulé depuis la conversion des terres, en années
$t_{éc}$	=	temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Dans l'exemple présenté à la Figure A3–21, 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 de la dynamique réelle, on a présumé qu'il n'y avait pas de décalage dans la perte du COS depuis la conversion des forêts, de sorte que le COS commence à régresser immédiatement après la conversion des forêts; on utilise donc la déperdition de COS rajustée (Figure A3–18) pour estimer la perte de COS avec un décalage fixé à 0 après rajustement.

On a supposé que la perte moyenne de 20,5 % de COS découlant de la conversion des forêts au profit de l'agriculture dans l'est du Canada, estimée à partir des données

du système SISCan, correspondait à la période d'environ 100 ans écoulée depuis la conversion des forêts. Ainsi, la valeur de ΔC_{Dmax} s'établit à 1/0,927 fois cette valeur, soit 22,1 % du COS des zones 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). Ainsi, l'équation finale qui permet d'estimer la déperdition de COS attribuable à la conversion des forêts au profit de l'agriculture dans l'est du Canada est la suivante :

Équation A3–66:

$$\Delta C\,(t) = 0,284 \times COS_{agric} \times \left[1 - exp^{(-0,0262 \times t)}\right]$$

où :

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la $t^{ième}$ année après la conversion, en mg C/ha
COS_{agric}	=	COS de 0 à 30 cm, d'après les données de SISCan pour une terre cultivée, en mg C/ha
-0.0262	=	constante qui décrit la décomposition, par année^{-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 A3–67:

$$\Delta C_{TF-TC} = \sum_{1970-2011} \sum_{TOUSPPC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AIRE_{TF-TC,t})$$

où :

ΔC_{TF-TC}	=	perte totale de COS en 2011 dans les terres forestières converties en terres cultivées depuis 1970, en mg C/ha
t	=	temps écoulé depuis la conversion, en années
TOUS PPC	=	tous les polygones du sol qui contiennent des terres forestières converties en terres cultivées
ΔC_t	=	variation du COS pour la tième année après la conversion, en mg C/ha (voir l'Équation A3–66
$AIRE_{TF-TC,t}$	=	superficie de terres forestières converties en terres cultivées chaque année depuis 1970, ha

Signalons que la perte de COS définie par l'Équation A3–67s'ajoute aux variations du stock de carbone dans la biomasse ligneuse et dans la MOM ligneuse qui existait 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 carbone 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 N_2O des terres forestières converties en terres cultivées sont estimées de la manière suivante :

Équation A3–68:

$$N_2O_{FLCL} = \sum_{1970-2011} \sum_{ALLSLC} \sum_{t} (\Delta C_t \times AREA_{FLCL}) \times 0.02 \times EF_{BASE} \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{TF-TC}	=	émissions de N_2O attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées depuis 1970, en kt
TOUS PPC	=	tous les polygones du sol qui contiennent des terres forestières converties
ΔC_t	=	variation du COS pour la tième année après la conversion, en mg C/ha
$AIRE_{TF-TC}$	=	superficie des forêts converties annuellement en terres cultivées depuis 1970, en ha
0.02	=	conversion du C en N
EF_{BASE}	=	coefficient d'émission de base, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations mensuelles divisées par l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre; P/EP) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.3.6)
44/28	=	Facteur de conversion de N_2O-N en N_2O

Ouest du Canada

Une bonne part des sols agricoles actuels de l'Ouest du Canada étaient des prairies avant d'être cultivés. C'est ainsi que la conversion de forêts a concerné principalement les forêts attenantes aux prairies. On constate également la conversion limitée des forêts de seconde venue qui ont poussé sur d'anciennes prairies depuis la suppression des feux de végétation grâce au développement agricole.

Historiquement, la conversion a été moins importante que dans l'Est du Canada; c'est pourquoi la documentation offre moins de comparaisons entre le COS dans les sols forestiers et dans les sols agricoles. Ellert et Bettany (1995) ont signalé qu'il n'y avait aucune différence entre le COS des forêts de tremble indigène et celui 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 A3–39). En moyenne, ces données indiquent qu'il n'y a pas de 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, est marginale 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 des forêts converties en terres cultivées sont moindres 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 résultant de la conversion des terres forestières en pâturages et en cultures fourragères. C'est pourquoi la perte de C résultant 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 qui existait dans la forêt au moment de la conversion. De même, les changements moyens de l'azote organique dans l'Ouest du Canada aux stations déboisées 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 qui entache la dynamique du ratio C-N dans les sols en conditions de conversion, on a présumé que les terres forestières converties en terres cultivées n'étaient pas une source de N_2O provenant du réservoir pédologique. Des émissions de N_2O sont déclarées chaque fois que la conversion s'accompagne d'une combustion de biomasse (voir la section A3.4.2.1).

Sources de données

La méthode qui a servi à estimer la superficie de terres forestières converties en terres cultivées est décrite à la section A3.4.2.2. La conversion annuelle de terres forestières par unité de rapprochement 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'unité de rapprochement.

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude des changements du carbone 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, on a estimé un degré d'incertitude des variations du C, même si la valeur moyenne du coefficient de variation du COS était de zéro. L'hypothèse était que le degré d'incertitude des changements 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.

A3.4.4. Prairies

Les terres de la catégorie des prairies agricoles sont 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. Ces prairies se sont développées au cours de millénaires de broutage par de grands animaux comme les bisons et de brûlage périodique. Essentiellement, les prairies agricoles sont des grands parcours naturels aménagés de manière extensive au Canada.

Les principales activités humaines directes menées sur les prairies agricoles du Canada sont le brûlage, l'ajout de nouvelles espèces végétales dans les prairies et le volume, la durée et le moment du broutage par les animaux domestiques.

A3.4.4.1. Prairies dont la vocation n'a pas changé

La démarche du GIEC (2003), à l'origine de l'élaboration de la méthode d'estimation du CO_2, part du principe que, dans les prairies aménagées depuis longtemps, les fluctuations des stocks de C du sol au cours d'une certaine période surviennent après des changements desméthode de gestion du sol qui influent sur les taux d'ajout de carbone ou de déperdition de carbone du sol.

Équation A3–69:

$$COS = COS_{RÉF} \bullet CV_G \; CV_A$$

où :

COS	=	stock de carbone organique du sol à un moment donné, depuis le changement de gestion et d'apport, mg C ha^{-1}
$COS_{RÉF}$	=	stock de carbone organique du sol de référence, mg C ha^{-1}
CV_G	=	coefficient de variation des stocks de carbone pour le régime de gestion, sans unité
CV_A	=	coefficient de variation des stocks de carbone pour l'apport de matière organique, sans unité

La superficie totale de prairies aménagées est calculée comme suit :

Équation A3–70:

$$A_{2011} = PR\text{-}PR_{1990\,2011} - \sum^{1990} PR\text{-}TC$$

où :

A_{2011}	=	superficie totale des prairies dont la vocation n'a pas changé en 2011, en ha
$PR\text{-}PR_{1990}$	=	superficie des prairies dont la vocation n'a pas changé en 1990, en ha
PR-TC	=	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 A3–71:

$$\Delta C_{PR\text{-}PR\ Minéral} = [(COS_0 - COS_{0\text{-}T}) \times A]/T$$

où :

$\Delta C_{PR\text{-}PR\ Minéral}$	=	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 carbone organique du sol au cours de l'année d'inventaire, en mg C ha^{-1}
$COS_{0\text{-}T}$	=	stock de carbone organique du sol, T années avant l'année d'inventaire, en mg C ha^{-1}
A		superficie touchée par le changement (changements de gestion et d'apport liés aux prairies dont la vocation n'a pas changé), en ha
T		période d'inventaire, en années (20 par défaut)

Si aucun changement ne survient dans les pratiques de gestion, on présume que les stocks de C sont en équilibre, et que leur taux de fluctuation est nul.

Un certain nombre d'études ont été réalisées 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, cela est sans rapport 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).

Sources de données

Les sources de données utilisées pour les prairies dont la vocation n'a pas changé sont les mêmes que celles indiquées à la section A3.4.3.2– Prairies converties en terres cultivées. Il n'existe pas de données détaillées exhaustives dans le temps sur les activités relatives aux changements de gestion des prairies agricoles du Canada.

A3.4.5. Terres humides

A3.4.5.1. Tourbières

Environ 14 kha de tourbières sont actuellement aménagés au Canada pour la production de tourbe horticole. La superficie cumulative de tourbières jamais aménagées à cette fin se chiffre à 25 kha, l›écart étant les tourbières qui ne produisent plus. La production consiste uniquement en tourbe horticole; le Canada ne produit pas de tourbe destinée à servir de combustible.

Pratiquement toute l'extraction de tourbe au Canada se fait par des moyens pneumatiques. Néanmoins, de nombreuses tourbières abandonnées étaient jadis exploitées au moyen de la méthode des blocs de coupe, qui influe sur la dynamique de la repousse de la végétation après l'abandon.

En raison des techniques d'extraction et des propriétés souhaitées de la tourbe de sphaigne, au moment de la sélection du site, on accorde la préférence, entre autres choses, aux tourbières qui comportent peu de végétation ligneuse, mais qui répondent néanmoins à la définition de « forêt » aux fins de la déclaration des GES (Association canadienne de tourbe de sphaigne) [20].

Démarche générale et méthodes

L'estimation s'est limitée aux émissions de CO_2 des terres converties en terres humides (tourbières) et des tourbières dont la vocation n'a pas changé. L'estimation englobe les sources suivantes : défrichage et décomposition subséquente de la végétation, décomposition des sols organiques aux sites drainés au cours de l'année d'inventaire et dans les champs exploités, tas de tourbe, champs de tourbe abandonnés et tourbières remises en état. Au cours d'une année d'inventaire donnée, les émissions des terres converties pour l'extraction de tourbe sont exprimées par l'Équation A3–72 :

Équation A3–72:

$$CO_2\text{-}C_{L_Tourbe} = CO_2\text{-}C_{BIOMASSE} + CO_2\text{-}C_{MOM\ résiduelle} + CO_2\text{-}C_{SOLS\ drainés} + CO_2\text{-}C_{SOLS\ extraction} + CO_2\text{-}C_{SOLS\ tas}$$

où :

$CO_2\text{-}C_{L_{Peat}}$	=	émissions totales de carbone sous forme de CO_2 des terres converties en terres humides (pour l'extraction de tourbe)
$CO_2\text{-}C_{BIOMASSE}$	=	émissions de carbone sous forme de CO2 imputables à la perte de carbone au profit des produits forestiers lors du défrichage
$CO_2\text{-}C_{MOM\ résiduelle}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à la décomposition de la végétation défrichée 20 ans ou moins avant l'année d'inventaire
$CO_2\text{-}C_{SOLS\ drainés}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la matière organique du sol dans les tourbières drainées durant l'année d'inventaire
$CO_2\text{-}C_{SOLS\ extraction}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la matière organique du sol dans les tourbières converties il y a 20 ans ou moins
$CO_2\text{-}C_{SOLS\ tas}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la tourbe entassée dans les tourbières converties il y a 20 ans ou moins

On estime la quantité de biomasse avant la conversion (ou de biomasse défrichée) à une moyenne de 20 t C/ha, ce qui correspond à la densité moyenne du carbone de la biomasse des forêts peu productives. Au moment du défrichage, tout le carbone de la biomasse est transféré dans des produits forestiers (estimé à 63 % de la biomasse, et qui est considéré comme étant libéré dans l'atmosphère sous forme de CO_2 au cours de l'année de la récolte) ou dans la MOM, laquelle commence à se décomposer dans la même année, suivant une courbe de décomposition exponentielle, tel qu'indiqué à l'Équation A3–73 :

20 Disponible en ligne : http://www.peatmoss.com/blog/harvesting-peat

Équation A3–73:

$$C_{MOM\ (t)} = C_{MOM\ (0)}\ e^{-kt}$$

où :

$C_{MOM(t)}$	=	Quantité de C dans la MOM pour la t[e] année après la conversion, mg C/ha
$C_{MOM(0)}$	=	Quantité initiale de C dans la MOM provenant de la conversion de forêts pour l'extraction de tourbe, mg C/ha
k	=	Constante décrivant la décomposition, par année
t	=	Temps écoulé depuis la conversion des terres, en années

Dans le cas des terres humides dont la vocation n'a pas changé (tourbières), les émissions sont exprimées selon l'Équation A3–74 :

Équation A3–74:

$$CO_2 - C_{L_Tourbe} = CO_2 - C_{BIOMASSE} + CO_2 - C_{MOM\ résiduelle} + CO_2 - C_{SOLS\ drainés} + CO_2 - C_{SOLS\ extraction} + CO_2 - C_{SOLS\ tas}$$

où :

CO_2-C_{Tourbe}	=	émissions totales de carbone sous forme de CO_2 imputables aux terres humides dont la vocation n'a pas changé (tourbières)
CO_2-$C_{MOM\ résiduelle}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à la décomposition de la biomasse défrichée 20 ans ou moins avant l'année d'inventaire
CO_2-$C_{SOLS\ extraction}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la matière organique du sol dans les tourbières converties il y a plus de 20 ans
CO_2-$C_{SOLS\ tas}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la tourbe entassée dans les tourbières converties il y a plus de 20 ans
CO_2-$C_{SOLS\ abandonnés}$	=	émissions/absorptions de carbone sous forme de CO_2 résultant de la production nette des tourbières abandonnées dans l'écosystème
CO_2-$C_{SOLS\ rétablis}$	=	émissions/absorptions de carbone sous forme de CO_2 résultant de la production nette des tourbières rétablies dans l'écosystème

Les émissions du sol d'une tourbière en production « CO_2-$C_{SOLS\ extraction}$ » sont estimées au moyen d›un seul coefficient d›émission qui reflète les taux d›oxydation de la tourbe. Les émissions des tas de tourbe sont calculées suivant une courbe de décomposition exponentielle.

Les tourbières abandonnées demeurent une source persistante de CO_2 atmosphérique (Waddington et McNeil, 2002), jusqu'à ce que l'absorption du carbone par la végétation qui repousse dépasse le taux de décomposition du sol et de la MOM résiduelle. Dans le modèle actuel, le coefficient d'émission dans les tourbières abandonnées est réduit d'un montant annuel fixe qui reflète l'effet de l'établissement progressif de la végétation et la lente diminution des émissions sur plusieurs décennies.

Les pratiques actuelles de remise en état consistent à obstruer les fossés de drainage, à semer le champ de spores de mousse fraîche et à étaler une couche de paille sur les tourbières abandonnées (pour en empêcher le dessèchement). Les premières années de remise en état, la décomposition de la paille peut accroître les émissions de CO_2, jusqu'à ce que la végétation se soit rétablie. Le piégeage net du carbone dans les tourbières remises en état est présumé survenir au bout de cinq ans, et son taux est par la suite maintenu constant.

On présume que la saison sans croissance dure six mois. Durant cette période, les émissions représentent 15 % des émissions annuelles totales de CO_2 de l'écosystème, et la production brute primaire est nulle. Le Tableau A3–40 indique les principales valeurs appliquées à l'établissement des estimations. Les estimations du degré d'incertitude proviennent du jugement d'experts.

Sources de données

Les renseignements sur la superficie affectée à la production de tourbe au Canada sont assez rares. L'Association canadienne de tourbe de sphaigne confirme qu'en 2004, 14 k ha étaient en production (dérivé de Cleary, 2003); il s'agit d'une hausse de près de 76 % par rapport à 1990. À ce moment, on comptait au total 18 kha de terres actives ou déclassée[21]. On a estimé les superficies en production entre 1990 et 2004 au moyen d'une régression linéaire simple ajustée aux tendances générales de la production nationale totale de tourbe (RNCan, 2008). On a présumé que la superficie annuelle drainée pour l'extraction de tourbe était égale à la différence dans les superficies totales affectées à la production d'une année à l'autre, moins le nombre de tourbières abandonnés ou remises en état. Grâce à la technique d'extraction pneumatique, la durée de vie moyenne d'un champ de tourbe en exploitation est d'environ 35 ans (Cleary, 2003). Par défaut, on déclare les terres converties il y a plus de 20 ans dans la

21 Gerry Hood, président de l'Association canadienne de tourbe de sphaigne. 2006. Communication personnelle à Dominique Blain, Environnement Canada, 15 décembre 2006.

Tableau A3–40 Paramètres et coefficients d'émission permettant d'estimer les émissions de CO_2-C des terres humides (tourbières)

Coefficient d'émission/paramètre	Unité	Valeur	Incertitude (%)
Biomasse défrichée	t C/ha	20	100
Constante exponentielle de décomposition, MOM		0,05	75
Coefficient d'émission dans les champs récemment drainés	g CO_2-C/m² par an	350	75
Coefficient d'émission dans les champs en production	g CO_2-C/m² par an	1000	75
Constante exponentielle de décomposition, tas		0,05	75
Diminution annuelle du coefficient d'émission, champs abandonnés			
Extraction pneumatique	g CO_2-C/m² par an	15	75
Blocs de coupe	g CO_2-C/m² par an	35	75
Coefficient d'émission, tourbières remises en état			
Première année	g CO_2-C/m² par an	1800	75
>cinq ans	g CO_2-C/m² par an-	-84	75

catégorie des terres humides dont la vocation n'a pas changé.

Degré d'incertitude

Les coefficients d'émission proviennent des mesures des flux effectuées essentiellement dans des tourbières abandonnées, ce qui introduit un degré d'incertitude important lorsqu'on l'applique aux tourbières actives et aux tas de tourbe. Toutes les mesures ont été prises dans l'est du Canada, ce qui ajoute un degré d'incertitude aux estimations relatives à l'ouest du Canada.

A3.4.5.2. Terres submergées

Démarche générale et méthodes

Conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003), on a estimé les émissions des terres converties en terres humides (création de terres submergées, notamment des réservoirs) pour tous les réservoirs dont on sait qu'ils sont submergés depuis moins de 10 ans. Seules les émissions de CO_2 sont déclarées. On a utilisé la méthode de niveau 2 du GIEC, établissant des coefficients d'émission de CO_2 propres à chaque pays en fonction des mesures décrites ci-dessous. On trouvera des détails dans Blain *et al.* (2007). On estime que la méthode par défaut, qui présume que tout le carbone 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 carbone comme pour tous les phénomènes de conversion de forêts depuis 1970, au moyen du MBC-SFC3 (voir la section A3.4.2.1). Il est à noter que les émissions associées au déboisement en vue de l'aménagement d'infrastructures sont déclarées dans la catégorie de la conversion des forêts en zones de peuplement.

En l'absence de telles preuves, on a supposé que la totalité de la végétation était simplement submergée, conduisant à l'émission - sous forme de CO_2 - d'une fraction du carbone 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 catégorie des terres forestières converties en terres humides, soit à la catégorie des autres terres converties en terres humides.

Depuis 1993, des mesures des flux de CO_2 ont été prises au-dessus de 57 réservoirs hydroélectriques dans 4 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 du Manitoba. Dans presque

tous les cas, on a uniquement mesuré les flux diffusifs de CO_2, de CH_4 ou de N_2O (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 intérieurs. Les mesures des flux diffusifs au-dessus de la surface des réservoirs ont été compilées pour l'ensemble du pays. De tous les réservoirs qui ont fait l'objet de mesures, un sous-ensemble de 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. Les mesures ont été choisies en fonction des documents dont on disposait sur les procédures de mesure et la comparabilité des mesures. La courbe d'émission a été tracée à partir de 25 réservoirs et d'un total de 33 mesures (Figure A3–22). Il importe de signaler que chacune de ces mesures (données simples à la Figure A3–22) représente en moyenne l'intégration de 8 à 28 échantillons de flux par réservoir.

On a eu recours à l'analyse de régression non linéaire pour paramétrer la courbe d'émission sous la forme suivante :

Équation A3–75:

$$CO_{2\,taux\,L_réservoirs} = b_0 + b_1 \times ln(t)$$

où :

$CO_{2\,taux\,L_réservoirs}$	=	taux des émissions de CO_2 des terres converties en terres humides (réservoirs), en mg/m² par jour
b_0, b_1	=	paramètres de courbe, grandeurs sans unité
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 :

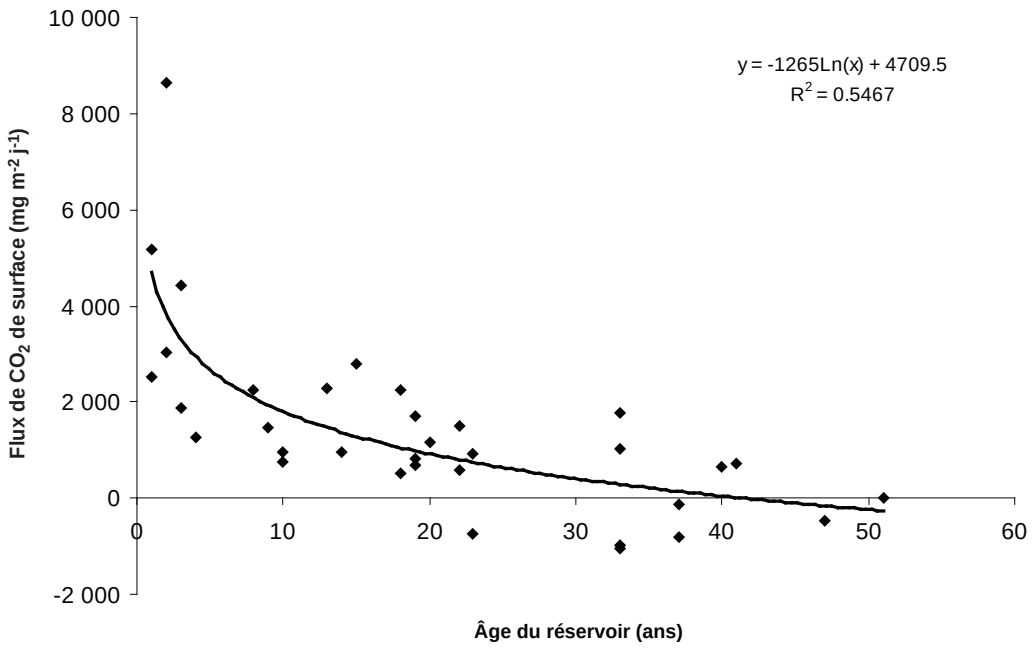
Équation A3–76:

$$CO_{2\,L_reservoirs} = \sum \left(CO_{2\,rate\,L_reservoir} \times A_{reservoir} \times Days_{ice\,free} \times 10^{-8} \right)$$

où :

$CO_{2\,L_réservoirs}$	=	émissions des terres converties en terres submergées (réservoirs), en Gg CO_2/an
$CO_{2\,taux\,L_réservoirs}$	=	taux des émissions de CO_2 de chaque réservoir, en Mg/m² par jour
$A_{réservoir}$	=	superficie du réservoir, en ha
$Jours_{sans\,glace}$	=	nombre de jours sans glace, en jours

Figure A3–22 Courbe logarithmique rajustée en fonction des coefficients nationaux d'émission des réservoirs



Le paramètre $A_{réservoir}$ a servi de meilleure estimation disponible de la superficie convertie en terres humides 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.

Sources de données

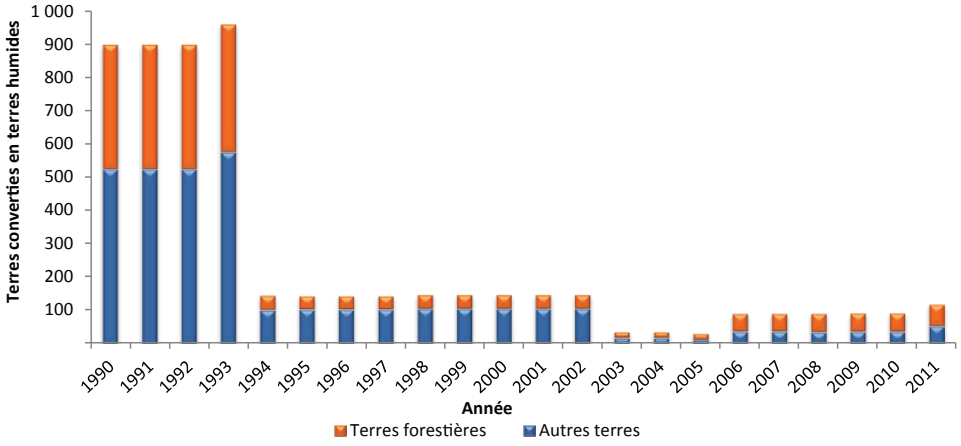
Les trois principales sources des données qui ont servi à estimer la superficie sont : 1) les renseignements sur la conversion des forêts attribuable à la construction des réservoirs dans les zones de déclaration 4 et 5 (voir la section A3.4.2.2, Conversion des forêts); 2) le Répertoire des réservoirs canadiens (Duchemin, 2002) et 3) les données officielles de l'industrie, provenant de la correspondance de l'industrie (Eichel, 2006; Tremblay[22]).

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.

Étant donné que les émissions de CO_2 provenant de la surface des réservoirs ne sont déclarées que pour les 10 ans qui suivent la construction des réservoirs, tous les phénomènes de submersion postérieurs à 1980 ont été utilisés. La tendance de la superficie submergée est caractérisée par deux périodes distinctes (Figure A3–23). La première, soit avant 1994, est marquée par une submersion à grande échelle survenue au début des années 1980 qui figure toujours dans la catégorie des terres converties en terres humides dans les années d'inventaire 1990 à 1993. Après 10 ans, ces réservoirs ont été retirés de la comptabilisation, et il y a eu une baisse correspondante de la superficie qui a atteint un plancher en 1994. Quatre réservoirs (Toulnustouc, Péribonka, Eastmain 1 et dérivation de la rivière Rupert) ont récemment été créés; la mise en eau de Toulnustouc et d'Eastmain 1 a été achevée en 2005 et 2006, respectivement. On a commencé à prendre

22 Tremblay, A. Hydro-Québec. 2010. Communication personnelle datée du 19 novembre 2010, de Dominique Blain, Environnement Canada.

Figure A3–23 Superficies cumulatives de la catégorie Terres converties en terres humides (terres submergées)



en compte les émissions du réservoir de Péribonka et de la dérivation de la rivière Rupert en 2008 et en 2011, respectivement; le rapport de 2013 prend en compte les émissions attribuables au déboisement et à l'immersion de ces quatre sites.

Il importe de signaler que les changements de la superficie des terres converties en terres humides (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 intérieure devrait réduire le degré d'incertitude des coefficients d'émission. Toutefois, parmi les importantes sources résiduelles d'incertitude, il faut mentionner :

Variabilité saisonnière. Certains réservoirs présentent une variabilité saisonnière marquée des flux de CO_2, 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. L'omission de voies potentiellement importantes d'émission de CO_2, comme le dégazage.

Améliorations prévues

Les améliorations prévues comprennent la production d'estimations améliorées de la biomasse sur pied antérieure à la conversion, une meilleure connaissance des pratiques de conversion tant pour l'extraction de la tourbe que pour la mise en eau des réservoirs, et l'intégration à la courbe des nouvelles mesures des émissions à mesure qu'elles deviennent disponibles.

A3.4.6. Zones de peuplement

Dans cette catégorie, les émissions et les absorptions comprennent les émissions imputables à la croissance des arbres urbains (zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé) et les émissions découlant de la conversion des terres en zones de peuplement. La présente version fait état des émissions résultant de la conversion de terres forestières et de la toundra en zones de peuplement.

Pour estimer le très petit réservoir formé par la croissance des arbres en milieu urbain, on a utilisé une méthode de niveau 1 calculant pour chaque année de la période 1990-2011 une croissance moyenne de 0,05 t biomasse/ha/an appliquée à 1 881 kha de superficie urbaine non bâtie (Statistique Canada, 1997).

Les démarches, les méthodes et la provenance des données utilisées pour estimer les émissions résultant de la conversion des terres forestières en zones de peuplement sont abordées à la section A3.4.2.2. La présente section décrit l'estimation de la conversion des terres non forestières en zones de peuplement dans l'Arctique et le Bas-Arctique canadien.

A3.4.6.1. Démarche générale et méthodes

Les régions nordiques du Canada (Arctique et Bas-Arctique) couvrent près de la moitié de la masse continentale du pays et englobent cinq catégories de terres (GIEC, 2003), à l'exception des terres cultivées. Cette évaluation a porté sur une superficie d'environ 359 millions d'hectares et a englobé les zones de déclaration 1, 2, 3 et 17 ainsi que les zones de déclaration 13 et 18 au nord du 60e degré de latitude Nord. La difficulté a été de saisir les changements d'affectation des terres et d'estimer les émissions connexes dans ce paysage aussi vaste qu'éloigné. Une démarche a été conçue expressément pour cette tâche, laquelle comporte les éléments suivants :

1. Cartographier le changement d'affectation des terres non forestières dans l'Arctique/Bas-Arctique du Canada avant et jusqu'en 1990 et entre 1990 et 2000.
2. Estimer les émissions annuelles de GES (uniquement la biomasse aérienne) résultant du changement d'affectation des terres non forestières dans l'Arctique/Bas-Arctique du Canada pour la période 1990-2000.

Il est manifeste qu'une analyse détaillée et exhaustive d'une telle superficie était peu pratique, car il faudrait près de 100 photos satellites du Landsat pour chaque

date. De même, un échantillonnage aléatoire ne saisirait sans doute pas un nombre suffisant d'événements de changement d'affectation des terres pour permettre une évaluation fiable. En revanche, des ensembles de données SIG indiquant la survenue d'activités de développement culturel, minier et autres activités humaines ont permis de réduire et d'optimiser le champ d'enquête, en signalant les secteurs qui présentent de fortes probabilités d'être l'objet d'un changement d'affectation des terres. Ces secteurs présentant un potentiel concentré de changement d'affectation des terres ont été ciblés pour l'analyse de la détection des changements (analyse vectorielle des changements; Johnson et Kasischke, 1998) au moyen de 23 images Landsat datant approximativement de 1985, 1990 et 2000. Les photos en question couvrent plus de 8,7 millions d'hectares, soit 56 % du secteur potentiel de changement d'affectation des terres déterminé à l'aide des ensembles de données SIG, ou 70 % du secteur potentiel de changement d'affectation des terres si l'on exclut les levés sismiques[23]. Les 23 photos ont été prises dans les régions de l'ouest de l'Arctique et subarctique.

On peut décrire le Système de cartographie des changements d'affectation des terres dans le nord du Canada (Butson et Fraser, 2005) comme une méthode hybride de détection des changements, qui repose sur deux techniques bien distinctes : l'analyse vectorielle des changements, qui détermine les secteurs ayant fait l'objet de changements, et l'extension de signature limitée, qui permet d'étiqueter ces changements (Olthof *et al.*, 2005). On trouvera dans Fraser *et al.* (2005) une description détaillée de la façon dont le Système de cartographie des changements d'affectation des terres dans le nord du Canada a servi à saisir les changements d'affectation des terres non forestières dans le nord du Canada. Le taux moyen de changement d'affectation des terres entre 1985 et 2000 dans le secteur évalué a été de 666 ha/an, et 70 % des secteurs ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres sont situés dans la zone de déclaration 13. L'absence d'images a empêché l'utilisation du système après l'an 2000; c'est pourquoi le même taux annuel de changement d'affectation des terres a été appliqué aux années 2001 à 2010.

On a tracé une série de cartes de la biomasse aérienne en 2000 pour les principaux secteurs ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres, à l'aide des rapports entre les données sur la biomasse aérienne et les données de télédétection établies à partir des mesures étalonnées et des mesures au sol (Figure A3–24). Ces cartes ont été utilisées pour déterminer les émissions de CO_2 imputables à l'enlèvement de la biomasse aérienne.

23 Les lignes sismiques récentes à faible impact ont un couloir étroit d'environ 2 m de large, par opposition aux lignes classiques, beaucoup plus larges (~8 m). Les lignes sismiques à faible impact, largement adoptées depuis 10 ans, réduisent considérablement l'impact environnemental de l'exploration sismique.

Figure A3–24 Régions étudiées pour déterminer la biomasse aérienne dans la région arctique et subarctique du Canada

Les types de couverture dominants dans les deux régions étudiées sont la roche, le lichen, les arbustes, les herbes et les boisés épars.

Des régressions multiples ont été effectuées entre ln(biomasse aérienne) et une combinaison de signaux d'image pour toutes les couvertures végétales confondues (herbes, arbustes, boisés épars). La meilleure moyenne quadratique minimale avait un r^2 = 0,72-0,78, selon les méthodes utilisées, un écart moyen quadratique relatif de 75 à 80 % et une valeur moyenne du pourcentage d'erreur absolu de 33 à 53 %. Les régressions de la biomasse ont été appliquées à l'image préconversion dans tous les secteurs ayant subi un changement d'affectation des terres pour obtenir une estimation de la biomasse enlevée. Toutes les activités de changement d'affectation des terres étaient des conversions de la végétation de la toundra en zones de peuplement; on a estimé que tout le carbone de la biomasse avant la conversion était émis au moment du défrichage.

Depuis le rapport de 2007, on a analysé d'autres données d'imagerie au moyen de la méthode de détection des changements utilisée pour estimer la superficie des forêts converties. La zone de déclaration 4 et une partie de la zone 8 ont fait l'objet d'une cartographie complète de la conversion des terres forestières et non forestières en zones de peuplement; on a ainsi ajouté 55 Mha à la superficie déjà cartographiée. La biomasse aérienne de la végétation non forestière a été dérivée d'une recherche documentaire et estimée à 6 kt/ha (ou 3 mg C/ha). Pour cette région, on observe un taux de changement d'affectation des terres non forestières de 133 ha/an pour la période 1990-2006.

Si l'on ne tient compte que de la biomasse aérienne, on peut estimer que les activités de changement d'affectation des régions non boisées des terres dans le Grand Nord du Canada ont rejeté en moyenne 152 kt d'éq. CO_2 par année entre 1990 et 2011.

A3.4.6.2. Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude lié à la superficie de changement d'affectation des terres visée par les 23 photos du satellite Landsat est évalué à moins de 20 % (Fraser *et al.*, 2005). Les équations sur la biomasse établies à partir des mesures sur le terrain dans la région étudiée de Dawson City ont été validées par les autres régions étudiées de Yellowknife et de la mine de Lupin. Les valeurs moyennes du pourcentage d'erreur absolu dans l'estimation de la biomasse aérienne dans les deux régions étudiées étaient de 33 à 53 %.

On a utilisé une méthode de simulation de Monte Carlo pour quantifier l'erreur globale des émissions de carbone résultant du degré d'incertitude lié à la superficie de changement d'affectation des terres et à l'estimation de la biomasse. À l'intervalle de confiance de 95 %, le pourcentage d'erreur varie de 218 %, s'il n'y a qu'un seul site ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres dans une zone de déclaration, à 15 %, si une zone de déclaration compte au moins 75 sites ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres. L'erreur de l'estimation des fluctuations des stocks de carbone dans la biomasse aérienne totale, si on ne considère qu'une zone de déclaration, est d'environ 15 %. Une analyse détaillée du degré d'incertitude est proposée par Chen *et al.* (2005, 2009).

A3.4.6.3. Améliorations prévues

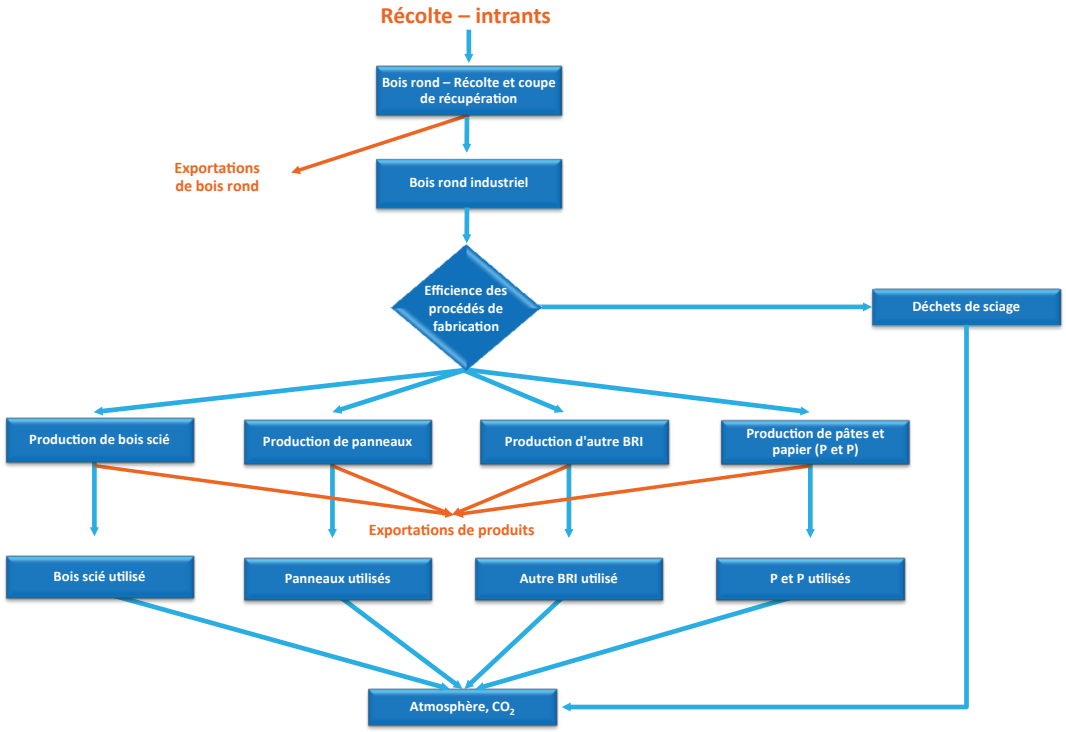
Les améliorations prévues comprendront des efforts visant à réduire l'incertitude associée aux estimations de la biomasse avant la conversion dans la région arctique et subarctique du Canada. Des travaux seront réalisés pour mettre à jour les estimations des activités de changement d'affectation des terres pour la période postérieure à 2000. Pour les estimations des absorptions par les arbres urbains, des efforts seront déployés pour améliorer et mettre à jour les estimations actuelles de la superficie, des stocks d'arbres et des pratiques d'aménagement des secteurs urbains, et ce, de manière à améliorer l'approche estimative actuelle et les données sur lesquelles elle est basée.

A3.4.7. Estimation des émissions différées de CO_2 des produits ligneux récoltés (PLR)

De façon générale, les scientifiques s'entendent sur l'inexactitude introduite si l'on suppose que tout le carbone qui sort des forêts aménagées, attribuable à la récolte, s'oxyde et est libéré immédiatement dans l'atmosphère. En fait, une bonne partie du carbone libéré par les forêts est stocké dans les produits ligneux et est libéré à la longue, pendant la durée de vie du produit et au moment de son élimination.

Aux fins du présent rapport, le Canada a utilisé le cadre général de la méthode de production (GIEC, 2006) pour intégrer le stockage à long terme du carbone dans les PLR

Figure A3–25 Schéma du flux de carbone dans les produits ligneux récoltés



qui découle de la récolte canadienne. La méthode permet de suivre le sort du carbone dans toute la biomasse ligneuse récoltée à l'échelle du pays et transportée hors site.

Un modèle propre au pays, le cadre de modélisation du bilan de carbone pour les produits de bois récolté (CMBC-PBR) a été élaboré pour surveiller et quantifier le sort du carbone hors site, à partir du moment de la récolte. La biomasse récoltée, donnée d'entrée du cadre de modélisation, provient du *Modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien*, ce qui permet de s'assurer qu'il n'y a ni gains, ni pertes, dans le flux de carbone forêts-produits. La décomposition sur le site des résidus de récolte continue d'être prise en compte par les fluctuations des stocks de carbone dans le réservoir de MOM des terres forestières. L'ensemble de la fibre ligneuse non utilisée (c.-à-d. le carbone qui n'est pas converti en produits) est appelée « déchets de sciage », et sa teneur en carbone est considérée comme étant rejetée immédiatement dans l'atmosphère. La fibre restante est exportée sous forme de bois rond ou transformée en quatre types de produits, pouvant, à leur tour, être exportés ou utilisés au pays (Figure A3–25).

La version du modèle utilisée dans le but de produire les estimations actuelles intègre une composante nationale et trois principales destinations d'exportation : les États-Unis, le Japon et tous les autres endroits. La base de données de la FAO pour les échanges commerciaux de produits forestiers a été utilisée pour déterminer la proportion de la production canadienne de bois rond et de produits du bois qui est exportée dans ces endroits. Par exemple, au cours d'une année donnée, 97 % ou plus du bois rond industriel récolté au Canada y demeure afin d'être transformé. De même, sur toute la série chronologique, entre 25 % et 42 % du bois scié, entre 19 % et 65 % des panneaux dérivés du bois et entre 0,5 % et 13 % des pâtes et papier, sont utilisés au pays.

L'efficience des procédés de fabrication détermine la proportion de la biomasse de bois rond industriel qui est convertie en produits – la fraction inutilisée étant les déchets 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'efficience des procédés de fabrication est calculée annuellement pour chaque type de produit : pour le Canada, les États-Unis et le Japon séparément; et conjointement 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 carbone du bois, pour tous les pays (Tableau A3–41). Des paramètres par défaut ont été appliqués pour convertir le volume de produits en unités de carbone pour les pays autres que le Canada et les États-Unis, et aussi lorsque des paramètres propres au pays n'étaient pas disponibles pour le Canada ou les États-Unis (Tableau A3–42). Des valeurs de densité du bois propres au Canada ont été utilisées pour les catégories suivantes de produits canadiens : bois rond, bois scié, tout autre bois rond industriel (autre BRI) et panneaux; des valeurs par défaut ont été utilisées pour les catégories pâte à papier nationale et pâte commerciale (P et P). Des valeurs propres aux États-Unis ont été utilisées pour toutes les quantités nationales de ce pays. Des valeurs par défaut ont été utilisées pour les quantités nationales et importées pour le Japon et les autres endroits. On suppose que toutes

Tableau A3–41 Valeurs par défaut des paramètres utilisés dans l'analyse des PLR

Description	Unité	Valeur	Source
Facteur d'expansion de l'écorce, essences résineuses	sans unité	1,11	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.5)
Facteur d'expansion de l'écorce, essences feuillues	sans unité	1,15	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.5)
Facteur d'expansion de l'écorce, essences mélangées	sans unité	1,13	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.5)
Teneur en C du bois	tonnes C/t.a.[1]	0,5	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)

1. Tonnes de carbone par tonne anhydre (t.a.) de matériaux ligneux

Tableau A3–42 Densités du bois selon les produits

Pays	Description	Unité[1]	Valeur	Source
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bois rond	t.a./m^3	0,386	dérivée
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, bois scié	t.a./m^3	0,481	dérivée
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, autre bois rond industriel	t.a./m^3	0,583	dérivée
Canada	Densité moyenne pondérée selon l'espèce, panneaux de bois	t.a./m^3	0,643	Environnement Canada
États-Unis	Bois rond résineux	t.a./volume (m^3) du bois vert	0,455	FAO, 2010, D49
États-Unis	Bois rond non résineux	t.a./volume (m^3) du bois vert	0,527	FAO, 2010, D49
États-Unis	Bois rond résineux et non résineux	t.a./volume (m^3) du bois vert	0,465	FAO, 2010, D49
États-Unis	Contreplaqué et feuille de placage – feuillus	tonne C/m^3	0,28	Skog, 2008
États-Unis	Bois d'œuvre de résineux	tonne C/m^3	0,22	Skog, 2008
États-Unis	Bois-d'oeuvre de feuillus	tonne C/m^3	0,26	Skog, 2008
États-Unis	Panneau de particules	tonne C/m^3	0,29	Skog, 2008
États-Unis	Panneau dur	tonne C/m^3	0,42	Skog, 2008
États-Unis	Panneau de fibres de moyenne densité	tonne C/m^3	0,32	Skog, 2008
États-Unis	Panneau de fibres comprimé	tonne C/m^3	0,37	dérivée
États-Unis	Pâtes et papier et carton	tonne C/t.s.a.	0,42	Skog, 2008
États-Unis	Carton isolant	tonne C/m^3	0,45	Skog, 2008
Tous les autres	Bois scié – résineux	t.a./m^3	0,45	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)
Tous les autres	Bois scié – non résineux	t.a./m^3	0,45	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)
Tous les autres	Panneaux structurels	t.a./m^3	0,628	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)
Tous les autres	Panneaux non structurels	t.a./m^3	0,628	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)
Tous les autres	Papier	t.a./t.s.a.	0,9	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)
Tous les autres	Pâte de bois	t.a./t.s.a.	0,9	GIEC, 2006 (Vol. 4, tableau 12.4)

Note :
1. t.a. = tonne anhydre de matériaux ligneux, t.s.a. = tonne séchée à l'air de produit

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.

À cette étape, le modèle applique les demi-vies par défaut indiquées dans le tableau12.2 (GIEC, 2006) à tous les produits, sans égard à l'emplacement géographique. Il tient seulement compte des produits ligneux récoltés à partir de 1990. Des travaux sont en cours pour élaborer des demi-vies propres au pays, intégrer les effets des déchets ligneux et de papier envoyés à des sites d'enfouissement, rendre compte de l'utilisation de la fibre ligneuse comme matière première pour la production de bioénergie, et pour étendre la couverture temporelle, qui est limitée actuellement par les données disponibles de la FAO sur les échanges commerciaux et les données régionalisées limitées sur la récolte et la production avant 1990.

A3.5. Méthodologie pour les déchets

Le secteur des déchets comprend trois sources d'émissions : l'enfouissement des déchets solides dans le sol (décharges), le traitement des eaux usées et l'incinération des déchets. La présente section de l'annexe 3 décrit les méthodes de comptabilisation détaillées qu'on utilise pour évaluer les émissions de gaz à effet de serre (GES) qui s'appliquent aux catégories suivantes du secteur des déchets :

- les émissions de CH_4 attribuables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol;
- les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au traitement des eaux usées;
- les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O attribuables à l'incinération des déchets.

A3.5.1. Émissions de CH_4 attribuables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol

A3.5.1.1. Méthodologie

Les émissions sont estimées pour deux types de décharges au Canada :

- les décharges de déchets solides municipaux (DSM);
- les décharges de déchets ligneux.

Le modèle Scholl Canyon sert à estimer la production de CH_4 des décharges à l'aide de l'équation de décomposition de premier ordre ci-dessous (GIEC/OCDE/AIE, 1997) :

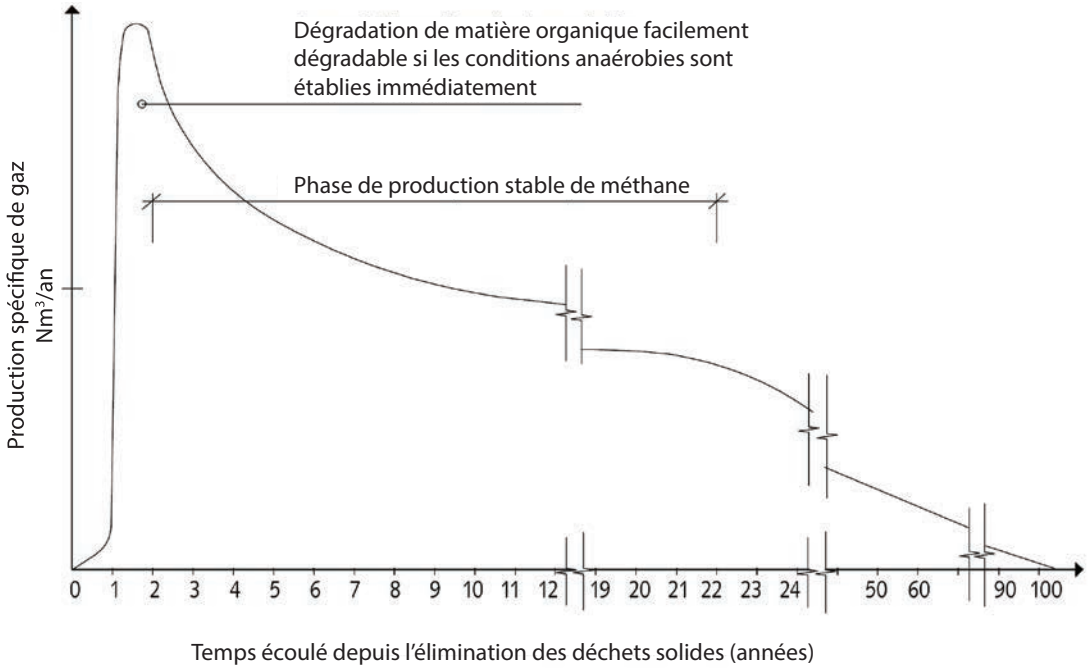
Équation A3–77:

$$Q_{T,x} = kM_x L_0 e^{-k(T-x)}$$

où :

$QT_{,x}$	=	quantité de méthane produit durant l'année en cours (T) par le déchet Mx, kt CH_4/an
X	=	année d'enfouissement des déchets
M_x	=	quantité de déchets enfouis durant l'année x, Mt
k	=	constante de production du méthane, /an^{-1}
L_0	=	potentiel de production de CH_4, kg de CH_4/t de déchets
T		année en cours

Figure A3–26 Représentation de la dégradation d'une décharge selon le modèle Scholl Canyon



Note:
Ce graphique tiré de Jensen et Pipatti (2003) a été reproduit tel quel.

Équation A3–78:

$$Q_T = \sum Q_{T,x}$$

où :

Q_T = quantité de méthane produite au cours de l'année considérée (T), exprimée en kt de CH_4/an

La Figure A3–26 montre la variation type du taux de production de gaz d'enfouissement au cours d'une série chronologique après que les déchets ont été placés dans la décharge. L'estimation des émissions des déchets enfouis au Canada est basée sur le modèle Scholl Canyon et suppose que la production de CH_4 atteint son niveau maximum dans la phase initiale, puis diminue lentement et progressivement d'une année à l'autre. On suppose aussi que le délai initial durant lequel les conditions anaérobies sont établies est négligeable, comme l'illustre la Figure A3–26.

Pour estimer les émissions de CH_4 attribuables aux décharges, il est nécessaire de connaître plusieurs des facteurs décrits ci-dessus. Pour calculer les émissions nettes d'une année en particulier, de la somme des $Q_{T,x}$ pour chaque portion de déchets enfouis durant les années antérieures, il faut soustraire la quantité de gaz capté et ajouter au résultat la quantité de CH_4 émis par suite de la combustion incomplète de la portion du gaz capté éliminée par torchage. Un modèle informatisé a été mis au point afin d'estimer les émissions globales à une échelle régionale au Canada.

Déchets enfouis chaque année (Mx)

Décharges de DSM

Pour les besoins de l'inventaire, les DSM comprennent les déchets résidentiels; institutionnels, commerciaux et industriels (ICI); et de construction et de démolition. Deux sources principales sont utilisées pour obtenir des données sur les décharges en vue de l'inventaire des GES. La quantité de DSM enfouis entre les années 1941 et 1990 a été estimée par Levelton (1991). Depuis 1998 et, par la suite, tous les deux ans jusqu'en 2008 inclusivement, les données ont été tirées de l'*Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets*, que mène Statistique Canada tous les deux ans (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010a). On obtient les valeurs d'enfouissement de DSM pour les années impaires subséquentes (1999, 2001, 2003, 2005 et 2007) en établissant la moyenne des années paires adjacentes. Dans les données de Statistique Canada, l'enfouissement englobe à la fois l'incinération des déchets

et les déchets envoyés aux décharges. Par conséquent, pour obtenir la quantité de déchets enfouis, il faut soustraire les déchets incinérés des valeurs d'enfouissement de Statistique Canada pour 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 et 2008. En outre, les déchets exportés sont soustraits des données d'enfouissement de Statistique Canada pour 2000, 2002, 2004, 2006 et 2008, car la quantité de déchets exportés est comprise dans les valeurs relatives à l'élimination des déchets pour l'année d'enquête 2000 de Statistique Canada et les années subséquentes[24,25]. Les données sur l'enfouissement des déchets compilées par Statistique Canada dans l'*Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets* sont les plus complètes, car elles comprennent les activités de collecte et de transport des installations d'élimination de déchets non dangereux et dangereux, l'exploitation de stations de transfert ainsi que le traitement et l'élimination des déchets considérés comme dangereux dans le cadre d'activités entreprises par des sociétés, des administrations locales et d'autres organismes publics de gestion des déchets. Nous utilisons une méthode qui permet de tenir compte des populations qui ne satisfont pas à la valeur seuil établie, comme il est expliqué dans l'extrait suivant tiré de l'enquête : « (…) on a déterminé quelle population serait visée par l'enquête. Pour ce faire, on a utilisé les renseignements fournis par les répondants et d'autres sources d'information sur les municipalités desservies par des installations d'élimination et de recyclage. On a fait le compte de la population totale de ces municipalités à l'aide des données de Statistique Canada. On a aussi calculé la différence entre la population totale et la population visée. On a appliqué une valeur provinciale d'élimination par habitant au chiffre de population ainsi dégagé et on a ajouté ce total au total de l'enquête, ce qui a donné une valeur d'élimination corrigée. La portion du sous-dénombrement de la population est petite et diminue lors de chaque cycle de l'enquête. »

Pour ce qui est des années 1991-1997, à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nunavut, des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, les valeurs relatives aux décharges de DSM ont été estimées en ajustant une fonction polynomiale aux valeurs de Levelton (1991) et de Statistique Canada (2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010a) concernant les décharges de DSM. Les données de 2009, 2010 et 2011 ont été estimées à partir de la tendance affichée par les valeurs antérieures de la quantité de déchets. Pour estimer les coefficients de la fonction polynomiale, on a recours à une application de régression linéaire multiple (outil statistique LINEST de Microsoft Excel). Le choix du nombre de coefficients à utiliser pour la fonction polynomiale est fonction de la mesure dans laquelle les données s'ajustent bien aux fonctions polynomiales d'ordre inférieur. En général, l'ajustement s'améliore à mesure que l'on augmente le nombre de coefficients. Une fonction polynomiale d'ordre 13 est utilisée dans l'estimation des DSM. Cette méthode d'estimation (régression linéaire multiple) est compatible avec la méthode d'interpolation du GIEC (GIEC, 2000). Le Tableau A3–43 illustre les coefficients polynomiaux générés par la méthode de régression linéaire multiple pour chacune des provinces.

Les quantités de DSM enfouis de 1991 à 1997 sont calculées au moyen de l'équation suivante :

Équation A3–79:

$$M_x = (C_{13} \times X^{13}) + (C_{12} \times X^{12}) + (C_{11} \times X^{11}) + (C_{10} \times X^{10}) + (C_9 \times X^9) + (C_8 \times X^8) + (C_7 \times X^7) + (C_6 \times X^6) + (C_5 \times X^5) + (C_4 \times X^4) + (C_3 \times X^3) + (C_2 \times X^2) + (C_1 \times X) + C$$

où :

M_X	=	quantité de DSM enfouis durant l'année X, t
C_i	=	coefficient d'ordre i (voir le Tableau A3–43)
x	=	année d'intérêt

On ne dispose pas de données de Statistique Canada sur l'élimination des DSM pour l'Île-du-Prince-Édouard, le Nunavut, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Pour obtenir les valeurs d'enfouissement des DSM dans cette province et ces territoires de 1991 à 2011, on doit corréler les tendances des données d'enfouissement historiques avec celles de la population provinciale ou territoriale pour la période de 1971 à 2011 (Statistique Canada 2006, 2012). Trois sources de données sur l'enfouissement sont utilisées pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 2010. La première, pour la période de 1971 à 1990, provient de Levelton (Levelton, 1991). La deuxième, concernant les déchets enfouis en 1992, est fournie par la Direction des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). On obtient la troisième série de données en multipliant le pourcentage de déchets enfouis en 1992 à l'Île-du-Prince-Édouard, aux Territoires

24 Marshall J., 2006. Communication personnelle (février 2006). Gestionnaire de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, 2002, Statistique Canada.

25 Marshall J., 2007. Communication personnelle (courriel daté du 21 février 2006). Gestionnaire de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, 2004, Statistique Canada.

Tableau A3–43 Coefficients polynomiaux de régression linéaire multiple utilisés pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 1997 et en 2005

	T.-N.L.	N.-É.	N.-B.	QC	ON	MB	SK	AB	C.-B.
C	6,87E+09	8,60E+09	−1,87E+10	2,18E+11	−2,91E+10	−8,47E+09	3,96E+10	−4,35E+11	1,70E+12
C1	−1,97E+06	−3,22E+06	4,22E+06	−4,70E+08	−2,37E+07	3,28E+06	6,20E+06	4,13E+08	−1,17E+09
C2	3,14E+03	−1,02E+04	−7,88E+02	8,18E+05	2,49E+04	5,10E+03	−1,39E+04	−4,96E+04	2,53E+04
C3	1,62E+00	2,65E+00	2,26E+00	−3,18E+02	1,50E+01	−5,77E−01	−1,75E+01	−3,04E+01	−1,65E+02
C4	8,20E−06	−1,59E−03	1,30E−03	−2,15E−01	−5,96E−03	−1,51E−03	3,28E−03	−4,42E−03	8,23E−02
C5	−9,81E−08	2,46E−06	−5,70E−07	4,76E−05	−1,68E−06	−2,78E−07	3,72E−06	2,21E−05	1,52E−06
C6	−1,63E−10	8,20E−10	3,21E−10	4,16E−08	1,13E−09	1,51E−10	7,74E−10	−1,55E−08	3,39E−08
C7	−8,88E−14	−2,11E−13	−2,43E−14	5,93E−12	−3,00E−14	2,72E−13	−4,58E−13	−1,02E−12	−5,11E−12
C8	−6,34E−17	−1,50E−16	−1,09E−16	6,56E−15	−8,94E−16	−7,69E−17	8,21E−17	4,03E−15	−2,76E−15
C9	5,40E−20	−2,03E−19	−2,03E−20	−5,89E−18	−2,33E−19	−5,56E−20	7,12E−20	−1,61E−18	−2,24E−19
C10	−1,48E−24	3,34E−24	−1,30E−23	−1,91E−21	2,36E−22	1,74E−23	−1,54E−22	4,04E−22	3,44E−22
C11	−6,62E−28	2,48E−26	9,41E−27	1,61E−25	1,08E−25	8,89E−27	6,66E−26	8,76E−26	−9,63E−25
C12	3,03E−30	2,21E−29	2,63E−30	5,53E−28	−2,26E−29	−3,09E−30	−2,86E−29	−9,54E−29	3,59E−28
C13	−1,32E−33	−7,77E−33	−3,92E−34	−1,00E−31	−1,03E−32	−6,66E−35	7,64E−33	1,57E−32	−6,11E−33

Notes :
Les coefficients ayant été arrondis, il est possible qu'ils ne donnent pas un résultat total exact pour ce qui est des DSM enfouis.

du Nord-Ouest, au Nunavut et au Yukon (Environnement Canada, 1996b) par l'excédent des déchets enfouis, tiré des données de Statistique Canada pour 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006 (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010a). Pour calculer l'excédent des déchets enfouis pour 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006, on soustrait la somme des valeurs d'enfouissement provinciales du total des déchets enfouis au Canada.

Les estimations des déchets solides exportés sont fondées sur l'information demandée par le Canada auprès des ministères de l'environnement provinciaux et directement auprès des États américains où les déchets ont été acceptés en vue d'être éliminés (Environnement Canada, 2013). On a constaté que les provinces exportatrices ne comptabilisaient pas les quantités de déchets non dangereux envoyées aux États-Unis. Cependant, grâce à l'information obtenue dans les documents *Reports for Congress* du CRS[26] (CRS, 1990, 1993, 1995–1998, 2000–2002, 2004 et 2007) et *Solid Waste Reports* du DEQ[27] du Michigan pour 1996–2011 (Michigan, 1996–2011) ainsi que dans le cadre d'échanges avec des représentants des États et des représentants des décharges dans les États recevant des déchets – Michigan, Washington, New York, Ohio, Montana, Indiana, Pennsylvanie et Dakota du Nord –, il a été possible d'établir un ensemble de données plus complet et plus exact en remplacement de l'ensemble de données qui était fondé principalement sur les exportations de l'Ontario.

Le tableau Tableau A3–44 montre la quantité de DSM enfouis de 1990 à 2011.

Décharges de déchets ligneux

Pour estimer la quantité de déchets ligneux enfouis à l'échelle nationale entre 1970 et 1992, on utilise la base de données sur les résidus du bois (RNCan, 1997). Les données concernant les années 1998 et 2004 sont extraites de publications ultérieures (RNCan, 1999, 2005). On effectue une analyse des tendances par régression linéaire afin d'interpoler la quantité de résidus ligneux enfouis au cours des années 1993-1997 et 1999-2003. On a utilisé une fonction de croissance exponentielle pour extrapoler les quantités de résidus ligneux enfouies durant la période 2005–2011 de façon à rendre compte de la réduction exponentielle prévue des quantités enfouies. Ces méthodes d'interpolation ont été choisies car ce sont celles qui conviennent le mieux à la distribution des données.

La ventilation de la quantité de résidus ligneux éliminés (définis comme les résidus qu'on n'utilise plus, ni dans un produit, ni comme source de carburant, ni pour les convertir en produits chimiques) par l'industrie des produits en bois massif et l'industrie des pâtes et papiers est estimée à partir des informations tirées d'une étude sur les déchets

26 Congressional Research Service

27 Department of Environment Quality

Tableau A3–44 DSM enfouis de 1990 à 2011[4]

Année	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	QC	ON[3]	MB	SK	AB	C.-B.	YN	T.-N.-O. et NT
						tonnes						
1990[1]	366 004	51 293	493 010	462 391	3 699 833	5 957 104	696 174	638 942	1 577 585	1 760 621	16 608	34 493
1991	400 159	63 047	540 341	489 539	4 073 027	6 287 557	741 706	720 035	1 790 701	1 990 162	16 904	34 897
1992	402 670	74 800	533 426	488 826	4 152 266	6 390 940	755 034	729 362	1 837 539	2 012 191	17 200	35 300
1993	403 918	62 782	523 456	485 805	4 230 976	6 479 872	767 869	736 993	1 881 860	2 028 235	19 520	39 850
1994	403 775	64 191	510 179	480 262	4 309 123	6 552 824	780 167	742 752	1 923 350	2 037 746	18 882	41 232
1995	402 110	65 287	493 335	471 972	4 386 673	6 608 214	791 881	746 453	1 961 687	2 040 161	19 605	42 458
1996	398 783	66 774	472 655	460 706	4 463 598	6 644 405	802 966	747 906	1 996 538	2 034 895	20 508	43 328
1997	393 651	67 170	447 861	446 225	4 539 872	6 659 708	813 373	746 914	2 027 558	2 021 350	20 901	43 418
1998[2]	366 280	66 849	455 192	468 571	5 148 583	5 915 711	964 726	848 408	2 527 817	2 198 779	20 276	43 132
1999	382 549	60 793	402 510	441 815	5 325 448	3 782 608	939 619	835 177	2 638 911	2 261 858	19 925	43 380
2000[2]	398 818	54 737	349 827	415 058	5 502 313	1 649 505	914 511	821 946	2 750 004	2 324 936	19 582	43 834
2001	387 706	49 030	348 767	414 332	5 520 529	4 523 212	905 534	808 535	2 820 149	2 380 434	19 326	44 682
2002[2]	376 594	43 322	347 707	413 606	5 538 744	7 396 919	896 556	795 124	2 890 294	2 435 933	19 521	45 988
2003	388 321	46 194	355 214	427 890	5 839 351	6 692 421	912 337	795 029	2 983 803	2 476 092	20 104	47 199
2004[2]	400 048	49 065	362 721	442 173	6 139 959	5 987 923	928 117	794 933	3 077 311	2 516 251	20 595	48 303
2005	414 429	39 971	341 626	476 940	6 068 467	5 800 941	916 195	814 343	3 448 592	2 591 384	21 010	48 799
2006[2]	428 809	30 878	320 531	511 706	5 996 975	5 613 959	904 272	833 753	3 819 872	2 666 517	21 368	49 033
2007	419 700	31 380	317 832	495 584	5 913 387	5 679 658	935 236	868 348	3 924 654	2 614 432	21 643	49 742
2008	410 590	31 883	315 133	479 461	5 829 799	5 745 356	966 199	902 943	4 029 435	2 562 347	22 162	50 168
2009	422 622	32 385	295 878	509 139	5 757 098	5 583 643	958 565	923 872	4 374 066	2 624 758	22 785	50 622
2010	425 257	32 888	283 981	518 461	5 679 558	5 523 001	968 086	950 874	4 612 097	2 636 282	23 637	51 372
2011	427 893	33 390	272 084	527 783	5 602 018	5 462 359	977 606	977 877	4 850 128	2 647 806	24 375	52 297

Notes :
1. Les données de 1990 proviennent de Levelton (1991).
2. Les données de 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 et 2008 proviennent des données d'enfouissement de Statistique Canada (Statistique Canada 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010a).
3. DSM exportés soustraits des données d'enfouissement de Statistique Canada (Environnement Canada 2013).
4. Les données présentées ci-dessus ont été choisies à partir d'années particulières. Les données relatives aux DSM enfouis entre 1941 et 1990 (Levelton, 1991) ont été utilisées pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 2007, à l'aide de la méthode d'estimation par régression linéaire multiple.

d'usine de pâtes et papiers (MWA Consultants Paprican, 1998). La proportion de l'élimination des déchets ligneux indique une proportion estimative de 80 % pour les produits en bois massif et de 20 % pour les usines de pâtes et papiers.

La ventilation de la partie des résidus ligneux acheminés dans les décharges à partir des opérations de l'industrie des produits en bois massif et de l'industrie des pâtes et papiers est établie à partir de la Base de données sur les résidus du bois (RNCan, 1997). L'allocation des déchets ligneux enfouis dans des décharges privées est estimée à 15 % pour l'industrie des produits en bois massif et à 86 % pour l'industrie des pâtes et papiers. Pour éviter tout dédoublement, étant donné que les émissions des décharges publiques sont déjà prises en compte dans les émissions des décharges de DSM, le ratio des déchets ligneux enfouis dans des décharges privées à ceux enfouis dans des décharges publiques, obtenus auprès de RNCan (1997), sert à isoler le volume enfoui dans des décharges privées spéciales. On présume que cette même proportion vaut pour la période de 1970 à 2011. Le Tableau A3–45 illustre la quantité de déchets ligneux éliminés et enfouis pour la période de 1990 à 2011.

Constante k du taux de production de CH_4

La constante k du taux de production de CH_4 représente le taux de premier ordre auquel le CH_4 est produit après l'enfouissement des déchets. La valeur k est régie par quatre facteurs : la teneur en humidité, la disponibilité des nutriments, le pH et la température. Cependant, lorsque l'on calcule les taux de décomposition provinciaux, la température ambiante ne devrait pas entrer en ligne de compte, car la température des décharges est indépendante de la température ambiante à des profondeurs de plus de 2 m. La teneur en humidité devrait être le seul

Tableau A3–45 Déchets ligneux produits et enfouis au Canada de 1990 à 2011

Année	Déchets ligneux éliminés (tonnes anhydres)		Déchets ligneux enfouis (tonnes anhydres)		
	Pâtes et papiers	Industrie des produits en bois massif	Pâtes et papiers	Industrie des produits en bois massif	Total
1990	1 811 062	7 244 248	1 557 513	1 086 637	2 644 151
1991	1 811 062	7 244 248	1 557 513	1 086 637	2 644 151
1992	1 811 062	7 244 248	1 557 513	1 086 637	2 644 151
1993	1 537 557	6 150 226	1 322 299	922 534	2 244 833
1994	1 447 245	5 788 981	1 244 631	868 347	2 112 978
1995	1 356 934	5 427 736	1 166 963	814 160	1 981 124
1996	1 266 623	5 066 491	1 089 296	759 974	1 849 269
1997	1 176 311	4 705 246	1 011 628	705 787	1 717 415
1998	1 080 000	4 320 000	928 800	648 000	1 576 800
1999	995 689	3 982 755	856 292	597 413	1 453 706
2000	905 378	3 621 510	778 625	543 227	1 321 851
2001	815 066	3 260 265	700 957	489 040	1 189 997
2002	724 755	2 899 020	623 289	434 853	1 058 142
2003	634 444	2 537 775	545 622	380 666	926 288
2004	547 561	2 190 244	470 902	328 537	799 439
2005	536 030	2 144 120	460 986	321 618	782 604
2006	492 687	1 970 746	423 710	295 612	719 322
2007	452 848	1 811 392	389 449	271 709	661 158
2008	416 231	1 664 922	357 958	249 738	607 697
2009	382 574	1 530 297	329 014	229 544	558 558
2010	351 639	1 406 557	302 410	210 984	513 393
2011	323 206	1 292 822	277 957	193 923	471 880

paramètre pris en considération (Maurice et Lagerkvist, 2003; Thompson et Tanapat, 2005).

Décharges de DSM

Les valeurs de k utilisées pour estimer les émissions attribuables aux décharges de DSM ont été obtenues lors d'une étude réalisée par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, qui a utilisé des données provinciales sur les précipitations de 1941 à 2007 (Environnement Canada, 1941-2007). La moyenne des précipitations annuelles a été calculée aux sites provinciaux où Levelton a indiqué la présence de décharges importantes au cours de la période de 1941 à 1990 (Levelton, 1991), tandis que des données additionnelles pour la Colombie-Britannique proviennent d'une étude menée par Golder Associates (2008). À partir de ces valeurs de précipitations, les valeurs de k ont été déterminées à l'aide d'une relation établie par le Research Triangle Institute (RTI) pour l'EPA des États-Unis (RTI, 2004). Le RTI a attribué des valeurs de décomposition par défaut de moins de 0,02/an, 0,038/an et 0,057/an dans les régions où les précipitations annuelles totalisent moins de 20 pouces/an (< 500 mm), entre 20 et 40 pouces/an (500 à 1 000 mm; moyenne de 750 mm) et plus de 40 pouces/an (> 1 000 mm), respectivement. La représentation graphique de ces valeurs de décomposition par défaut et données sur les précipitations a montré une relation linéaire : k (an^{-1}) = $7 \times 10^{-5} \times$ précipitations (mm) - 0,0172. À l'aide de cette relation et des données sur les moyennes provinciales des précipitations d'Environnement Canada pour les années 1941-1975, 1976-1989 et 1990-2007, on a calculé les moyennes provinciales des taux de décomposition dans les décharges (Environnement Canada, 1941-2007). Les valeurs de k des États-Unis sont liées aux précipitations, en présumant que la teneur en humidité d'une décharge est directement fonction des précipitations annuelles. En se fondant à la fois sur ces valeurs de k et les données des États-Unis sur les précipitations d'une part, et sur les précipitations annuelles moyennes dans les décharges canadiennes étudiées par Levelton (1991) d'autre part, on a alloué des valeurs de k à chacune des provinces pour les trois séries chronologiques suivantes : 1941-1975, 1976-1989

et 1990-2007. Ces trois intervalles ont été sélectionnés pour correspondre à ceux utilisés pour calculer les valeurs provinciales L_0 afin de mieux représenter les conditions variables au cours de la série chronologique 1941-2011. On suppose que les conditions pour lesquelles les valeurs de k de 1990-2007 ont été calculées étaient également valides de 2008 à 2011.

Le Tableau A3–46 illustre les précipitations annuelles moyennes et les valeurs de décomposition attribuées à chacune des décharges provinciales sélectionnées par Levelton (1991) et Golder (2008).

Les valeurs de k utilisées pour estimer les émissions des décharges de DSM à l'échelle provinciale sont calculées à partir de la moyenne des estimations de la valeur de

Tableau A3–46 Estimation des valeurs de k relatives aux précipitations annuelles moyennes et aux décharges de DSM pour les décharges provinciales

Régions	Précipitations annuelles (mm) tirées des données climatiques historiques d'Environnement Canada			Constante cinétique k (par an)		
	1941–1975	1976–1989	1990–2007	1941–1975	1976–1989	1990–2007
Colombie-Britannique						
Campbell River	1 521,4	1 370,2	1 507,0	0,089	0,079	0,088
Chilliwack	1 674,4	1 736,9	1 678,0	0,100	0,104	0,100
Courtney	1 465,7	1 387,9	1 441,3	0,085	0,080	0,084
Kamloops	270,1	273,9	296,5	0,002	0,002	0,004
Matsqui	1 537,1	1 480,1	1 571,6	0,090	0,086	0,093
Port Alberni	1 954,2	1 870,8	2 050,1	0,120	0,114	0,126
Prince Rupert	2 636,2	3 082,7	2 538,7	0,167	0,199	0,161
Vancouver	1 846,0	1 599,8	1 564,5	0,112	0,095	0,092
Vernon	393,2	415,3	429,7	0,010	0,012	0,013
Victoria	864,6	978,6	1 197,7	0,043	0,051	0,067
Moyenne	**1 416,3**	**1 419,6**	**1 427,5**	**0,082**	**0,082**	**0,083**
Alberta						
Calgary	429,9	406,8	426,5	0,013	0,011	0,013
Edmonton	451,9	480,2	446,8	0,014	0,016	0,014
Fort McMurray	441,1	445,8	417,9	0,014	0,014	0,012
Lethbridge	427,5	396,4	385,8	0,013	0,011	0,010
Medicine Hat	344,1	332,5	338,9	0,007	0,006	0,007
Red Deer	450,9	463,5	487,4	0,014	0,015	0,017
Moyenne	**424,2**	**420,9**	**417,2**	**0,012**	**0,012**	**0,012**
Saskatchewan						
Moose Jaw	388,9	329,7	468,4	0,010	0,006	0,016
Prince Albert	333,2	425,9	458,7	0,006	0,013	0,015
Regina	390,2	359,9	404,2	0,010	0,008	0,011
Saskatoon	360,0	332,9	356,3	0,008	0,006	0,008
Swift Current	385,1	359,8	409,1	0,010	0,008	0,011
Yorkton	440,7	440,1	435,1	0,014	0,014	0,013
Moyenne	**383,0**	**374,7**	**422,0**	**0,010**	**0,009**	**0,012**
Manitoba						
Brandon	464,8	434,7	480,8	0,015	0,013	0,016
Portage la Prairie	540,4	533,8	562,4	0,021	0,020	0,022
Thompson	566,8	517,5	500,7	0,022	0,019	0,018
Winnipeg	534,1	487,7	540,9	0,020	0,017	0,021
Moyenne	**526,5**	**493,4**	**521,2**	**0,020**	**0,017**	**0,019**
Ontario						
Barrie	894,6	952,3	927,6	0,045	0,049	0,048
Belleville	868,3	898,7	920,6	0,044	0,046	0,047
Brantford	741,3	815,8	857,1	0,035	0,040	0,043
Brockville	961,2	977,2	1 013,0	0,050	0,051	0,054
Cornwall	934,7	969,0	1 044,9	0,048	0,051	0,056
Guelph	839,6	915,3	900,5	0,042	0,047	0,046
Hamilton	750,2	945,3	889,1	0,035	0,049	0,045
Kingston	810,3	975,2	964,2	0,040	0,051	0,050
Kitchener	885,9	985,5	844,0	0,045	0,052	0,042
London	921,5	997,8	993,3	0,047	0,053	0,052
North Bay	979,2	1 015,2	1 050,3	0,051	0,054	0,056
Oshawa	843,5	941,3	866,4	0,042	0,049	0,043
Ottawa-Hull	868,4	939,2	937,7	0,044	0,049	0,048
Peterborough	749,4	862,8	856,5	0,035	0,043	0,043
St. Catharines	806,7	860,2	866,5	0,039	0,043	0,043
Sarnia	752,4	842,6	972,8	0,035	0,042	0,051
Sudbury	760,6	907,7	911,6	0,036	0,046	0,047
Thunder Bay	734,8	696,1	578,4	0,034	0,032	0,023
Timmins	780,4	864,6	809,7	0,037	0,043	0,039
Toronto	794,4	843,2	808,1	0,038	0,042	0,039
Windsor	839,8	921,8	927,0	0,042	0,047	0,048
Moyenne	**834,2**	**910,8**	**901,9**	**0,041**	**0,047**	**0,046**
Québec						
Montréal	952,8	935,2	1 018,8	0,049	0,048	0,054
Québec	**1 137,9**	**1 174,9**	**1 148,6**	**0,062**	**0,065**	**0,063**
Rimouski	773,0	955,7	961,3	0,037	0,050	0,050
Saint-Étienne	1 021,0	994,2	981,4	0,054	0,052	0,051
Saint-Tite-des-Caps	1 009,7	1 102,4	1 178,3	0,053	0,060	0,065
Ste-Cécile	1 113,5	1 218,6	1 245,1	0,061	0,068	0,070
Ste-Sophie	1 047,3	1 031,2	1 063,4	0,056	0,055	0,057
Moyenne	**1 007,9**	**1 058,9**	**1 085,3**	**0,053**	**0,057**	**0,059**

Table A3-45: Estimation des valeurs de k relatives aux précipitations annuelles moyennes et aux décharges de DSM pour les décharges provinciales (continué)

Régions	Précipitations annuelles (mm) tirées des données climatiques historiques d'Environnement Canada			Constante cinétique k (par an)		
	1941–1975	1976–1989	1990–2007	1941–1975	1976–1989	1990–2007
Nouveau-Brunswick						
Bathurst	958,1	1 067,5	1 123,4	0,050	0,058	0,061
Campbellton	1 002,6	1 002,6	1 002,6	0,053	0,053	0,053
Edmundston	1 078,3	1 053,3	992,1	0,058	0,057	0,052
Fredericton	1 077,4	1 182,5	995,7	0,058	0,066	0,053
Moncton	1 159,4	1 116,7	1 172,1	0,064	0,061	0,065
Saint-Jean	1 339,3	1 477,4	1 245,5	0,077	0,086	0,070
Moyenne	**1 102,5**	**1 150,0**	**1 088,6**	**0,060**	**0,063**	**0,059**
Île-du-Prince-Édouard						
Charlottetown	1 116,0	1 218,3	1 096,2	0,061	0,068	0,060
Summerside	987,6	1 052,7	1 149,1	0,052	0,056	0,063
Moyenne	**1 051,8**	**1 135,5**	**1 122,6**	**0,056**	**0,062**	**0,061**
Nouvelle-Écosse						
Dartmouth	1 492,8	1 449,5	1 349,6	0,087	0,084	0,077
Halifax	1 492,8	1 449,5	1 349,6	0,087	0,084	0,077
Lunenburg	1 456,2	1 475,2	1 559,5	0,085	0,086	0,092
New Glasgow	1 076,8	1 120,5	1 106,7	0,058	0,061	0,060
Sydney	1 359,1	1 514,9	1 413,0	0,078	0,089	0,082
Truro	1 087,7	1 226,1	1 110,8	0,059	0,069	0,061
Moyenne	**1 327,6**	**1 372,6**	**1 314,9**	**0,076**	**0,079**	**0,075**
Terre-Neuve-et-Labrador						
Carbonear	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Corner Brook	1 127,1	1 255,9	1 196,1	0,062	0,071	0,067
St. John's	1 502,4	1 525,2	1 515,3	0,088	0,090	0,089
Moyenne	**1 314,8**	**1 390,5**	**1 355,7**	**0,075**	**0,080**	**0,078**
Yukon						
Whitehorse	264,2	261,7	271,8	0,001	0,001	0,002
Moyenne	**264,2**	**261,7**	**271,8**	**0,001**	**0,001**	**0,002**
Territoires du Nord-Ouest						
Yellowknife	261,2	273,0	287,0	0,001	0,002	0,003
Moyenne	**261,2**	**273,0**	**287,0**	**0,001**	**0,002**	**0,003**
Nunavut						
Iqaluit	420,1	448,9	372,1	0,012	0,014	0,009
Moyenne	**420,1**	**448,9**	**372,1**	**0,012**	**0,014**	**0,009**
Moyenne (T.-N.-O. et NT)	**340,6**	**360,9**	**329,5**	**0,007**	**0,008**	**0,006**

Note : ND = non disponible

Tableau A3–47 Estimations provinciales et territoriales des valeurs de k (an^{-1}) des décharges de DSM

	Provinces et territoires											
Année	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	QC	ON	MB	SK	AB	C.-B.	YN	T.-N.O. et NT
1941–1975	0,075	0,056	0,076	0,06	0,053	0,041	0,020	0,01	0,012	0,082	0,001	0,001
1976–1989	0,080	0,062	0,079	0,063	0,057	0,047	0,017	0,009	0,012	0,082	0,001	0,002
1990–2011	0,078	0,061	0,075	0,059	0,059	0,046	0,019	0,012	0,012	0,083	0,002	0,003

k applicables à chaque province pour chacune des trois séries chronologiques. Ces valeurs sont présentées dans le Tableau A3–47.

Décharges de déchets ligneux

En se fondant sur la valeur par défaut recommandée par le National Council for Air and Stream Improvement, Inc. pour estimer les émissions de CH_4 provenant des décharges de déchets ligneux de l'industrie des produits du bois, on a choisi une valeur de k de 0,03/an pour représenter la constante de production de CH_4 de toutes les décharges de déchets ligneux du Canada (NCASI, 2003).

Potentiel de production de CH_4 (L_0)

Décharges de DSM

Le potentiel de production de CH_4 (L_0) représente la quantité de CH_4 qui pourrait être produit, en théorie, par tonne de déchets enfouis. L'équation suivante, présentée dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996*, sert à calculer le potentiel de production de CH_4 pour les décharges de DSM (GIEC/OCDE/AIE, 1997) :

Équation A3–80:

$$L_0 = FCM \times COD \times COD_F \times F \times \frac{16}{12} \times 1000 \frac{kg\ CH_4}{t\ CH_4}$$

où :

L_0	=	potentiel de production de CH_4, kg de CH_4/t de déchets
FCM	=	facteur de correction du CH_4, exprimé en fraction
COD	=	carbone organique dégradable, exprimé en t de C/t de déchets
COD_F	=	fraction de COD dissimilé
F	=	fraction de CH_4 dans les gaz d'enfouissement
16/12	=	coefficient de stœchiométrie pour convertir le CH_4 en carbone

Le facteur de correction du méthane (FCM) représente le rapport entre le nombre de décharges de déchets solides gérées et non gérées. Les décharges non gérées produisent moins de CH_4, car une fraction plus importante des déchets se décompose par voie aérobie dans les couches supérieures du site. La valeur par défaut que le GIEC a établie pour le FCM applicable aux décharges gérées a été retenue pour représenter le FCM des décharges de DSM, car on présume que toutes les décharges visées par les données recueillies sont des décharges à écran d'étanchéité artificiel. Les valeurs par défaut que le GIEC a fixées pour le FCM sont indiquées au Tableau A3–48 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

La valeur par défaut du GIEC, pour ce qui est de la fraction du CH_4 présent dans les gaz d'enfouissement (F), varie entre 0,4 et 0,6. Cette valeur diffère en fonction de certains facteurs, dont les effets de la composition des déchets, de leur âge et de la dilution potentielle dans l'air, lesquels peuvent réduire la concentration réelle du CH_4 dans les gaz d'enfouissement. La valeur de 0,5 est retenue pour la fraction du CH_4 dans les gaz d'enfouissement.

Tableau A3–48 Facteurs de correction du CH4 présent dans les décharges de déchets solides

Type de décharge	Valeur par défaut du FCM
Gérée	1,0
Non gérée : profonde (≥ 5 m de déchets)	0,8
Non gérée : peu profonde (< 5 m de déchets)	0,4
Valeur par défaut : décharge de déchets solides non catégorisée	0,6

La fraction du carbone organique dégradable dissimilé (COD_F) représente la quantité de carbone organique qui a été ultimement dégradée et rejetée par la décharge de déchets solides. La valeur COD_F représente le fait qu'une partie du carbone organique ne se dégrade pas, sinon très lentement. Une valeur de 0,6 a été choisie de la gamme de COD_F par défaut du GIEC correspondant aux déchets contenant de la lignine, qui s'étend de 0,5 à 0,6 (GIEC 2000). Cette valeur, tirée de l'extrémité supérieure de la plage (déchets plus facilement dégradables), représente le plus fidèlement la situation canadienne où la majeure partie des déchets ligneux – qui contiennent par définition des concentrations élevées de lignine – proviennent de scieries et d'usines de pâtes et papiers et sont éliminés dans des décharges privées spéciales.

La fraction du carbone organique dégradable (COD), qui représente la quantité de carbone organique disponible pour la décomposition biochimique, est fondée sur la composition des déchets. Les pourcentages de composition des déchets de l'ensemble du Canada sont utilisés pour calculer les valeurs de COD provinciales à l'aide de l'équation suivante (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Équation A3–81:

$$\%COD(en\ poids\ humide) = (0,4 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,3 \times D)$$

où :

A	=	% de DSM constitué de papier et de textiles
B	=	% de DSM constitué de déchets de jardin ou de parc
C	=	% de DSM constitué de déchets alimentaires
D	=	% de DSM constitué de bois ou de paille

Les niveaux de COD des provinces et des territoires ont été calculés à partir des valeurs de la composition des déchets pour trois périodes distinctes : 1941-1975, 1976-1989 et 1990-2006. À partir des données sur la composition des déchets issues de l'étude réalisée par Ressources naturelles Canada (RNCan) et qui correspondaient à l'année 2002 (RNCan, 2006), nous avons dérivé les valeurs du COD et supposé qu'elles étaient invariables au cours de la période 1990-2011. Les valeurs de COD ont été élaborées d'après les compositions des déchets de type résidentiel, ICI et de construction et de démolition. Comme les incidences

Tableau A3–49 Valeurs provinciales et territoriales de potentiel de production de CH_4 (L_0)

Province/ Territorire	2002 Déchets organiques détournés[1] (%)	1941 à 1975		1976 à 1989		1990 à Present	
		COD	L_0 (kg CH_4/t déchet)	COD	L_0 (kg CH_4/t déchet)	COD	L_0 (kg CH_4/t waste)
Terre-Neuve	ND	0,30	121,01	0,18	71,60	0,18	71,50
Île-du-Prince-Édouard	ND	0,28	111,20	0,16	63,82	0,15	60,34
Nouvelle-Écosse	29,7	0,26	105,92	0,15	60,24	0,15	60,56
Nouveau-Brunswick	19,8	0,24	97,53	0,16	63,23	0,15	59,98
Québec	13,7	0,38	153,06	0,20	79,71	0,19	77,43
Ontario	16,4	0,37	147,61	0,20	79,19	0,20	78,34
Manitoba	4,9	0,34	137,60	0,19	74,28	0,18	73,41
Saskatchewan	4,3	0,37	149,93	0,21	82,63	0,21	82,33
Alberta	16,7	0,28	111,53	0,17	69,25	0,17	67,95
Colombie-Britannique	23,3	0,27	109,62	0,17	66,34	0,15	59,58
Territoires (Yn., T.-N.-O. et Nt)	ND	0,23	91,70	0,14	56,68	0,16	62,36

Notes :
Sources : Tableau fondé sur les données recueillies auprès de RNCan (2006), Statistique Canada (2007a) et CRC Press (1973).
1. Thompson et al. (2006).
ND = Non disponible.

des programmes de détournement des déchets étaient négligeables avant 1990, nous avons établi une deuxième série de valeurs du COD pour représenter la composition des déchets enfouis de 1976 à 1989 en ajoutant les données du CNRC aux données de 2004 de Statistique Canada portant sur la composition de déchets recyclés (Statistique Canada, 2007a). Une troisième série de valeurs du COD a été établie à partir des résultats d'une étude nationale réalisée en 1967 pour couvrir la période 1941-1975 (CRC Press, 1973). Le Tableau A3–49 résume les valeurs du COD et de L_0 des provinces et des territoires.

Les données correspondant à chaque catégorie standard de déchets provenant du secteur résidentiel, du secteur industriel, commercial et institutionnel (ICI), et du secteur de la construction et de la démolition tirées du document de RNCan (2006) ont été additionnées pour refléter la véritable composition des déchets enfouis dans les décharges de DSM. Ainsi, grâce à cette méthode, la biodégradabilité des trois types de déchets est prise en compte dans la composition des déchets de DSM. Le rapport du RNCan utilise une méthode uniforme pour estimer la composition des déchets de DSM acheminés dans des décharges pour toutes les provinces et territoires.

Comme les résultats des projets de détournement des déchets n'ont réellement commencé à se faire sentir qu'au début des années 1990 au Canada, tel que le laissent conclure le présent document et l'opinion exprimée par les experts en la matière, les valeurs provinciales et territoriales de « 1990 à aujourd'hui » du COD, présentées au Tableau A3–49, sont utilisées pour estimer les valeurs de L_0 et, au bout du compte, les valeurs sur la production provinciale et territoriale d'émissions de méthane pour la période 1990-2011 inclusivement.

Pour la période 1976-1989, les valeurs de COD ont été calculées à partir de l'hypothèse selon laquelle la composition des déchets enfouis pourrait être assimilée à la composition des déchets produits au cours de l'année 2002. On a additionné les quantités de déchets de DSM (résidentiels et ICI) (RNCan, 2006) acheminés aux décharges pour chacune des catégories de déchets aux quantités recyclées des catégories correspondantes pour chaque province et territoire. Ces dernières données ont été tirées du rapport de Statistique Canada intitulé *Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques*, 2004 (Statistique Canada, 2007a). Les lacunes des données de ce rapport dues à des questions de confidentialité ont été comblées par l'utilisation de coefficients régionaux (provinces de l'ouest, du centre et de l'Atlantique et territoires du Nord).

La période 1941-1975 est couverte par un L_0 calculé à partir d'un troisième ensemble de valeurs de COD fondées sur les compositions nationales de déchets énumérées

au tableau 1.1-9 de CRC Press (1973). Les données de ce tableau sont tirées d'un article intitulé « World Survey Finds Less Organic Matter » (Anon, 1967a). Les données de DSM du tableau 1 (Waste Composition Data for Ontario) du rapport intitulé *Residential Waste Composition Study*, Volume 1 réalisé dans le cadre de l'étude ontarienne sur la composition des déchets (ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1991) fournit pour les études de contrôle des déchets réalisées en 1976, 1978 et 1980 des pourcentages moyens respectifs de 40 %, 2,6 %, 22 %, 3,4 % et 13 % pour le papier, le bois, les déchets alimentaires, les déchets textiles et les résidus de jardin; ces valeurs sont comparables à celles tirées des estimations produites en 2002 et utilisées pour la période 1976-1989. Les données de l'article de 1967 (Anon, 1967a) présentent des contributions respectives de 70 % et 10 % pour le papier et la matière organique. En conséquence, on a jugé que la période 1975-1976 constituait un point de transition approprié pour faire le lien entre les séries de données sensiblement différentes de 1967 et celles de 2002 sans détournement des déchets pour représenter la composition des déchets de la fin des années 1970 et 1980. La ventilation du pourcentage de matière organique (10 %) obtenue à partir du tableau 1.1-9, Résumé de la composition internationale des déchets en déchets alimentaires et en résidus de jardin est fondée sur les compositions respectives (10,2 et 8,6 %) fournies pour Montréal (Québec), dans le même document de CRC Press (1973), au 1.1-10, Composition des ordures ménagères, dont les données proviennent d'un article distinct de 1967 (Anon, 1967b). L'information sur le pourcentage de bois (2,4 %), tirée d'un article de l'American Public Works Association (1964), est présentée au tableau 1.1-2.8 : Composition and Analysis of Average Municipal Refuse (CRC Press, 1973).

Un profil provincial a été élaboré à partir de la moyenne nationale de 1967 en établissant un calcul proportionnel de chacune des catégories de déchets de COD afin qu'elles correspondent aux profils provinciaux équivalents établis pour la période 1976-1989.

Décharges de déchets ligneux

L'équation A_3-4, présentée dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996, sert à calculer le potentiel de production de CH_4 des décharges de déchets ligneux (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La valeur par défaut établie par le GIEC pour le FCM applicable aux décharges profondes et non gérées (0,8) a été choisie pour représenter le FCM, car c'est celle qui représente le mieux les pratiques de l'industrie.

La valeur de 0,5 est retenue pour la fraction du CH_4 dans les gaz d'enfouissement (F) à partir de la plage de valeurs par défaut du GIEC (0,4 à 0,6).

La fraction du carbone organique dégradable dissimilé (COD_F) représente la quantité de carbone organique qui a été ultimement dégradé et rejeté par la décharge de déchets solides. La valeur COD_F représente le fait qu'une partie du carbone organique ne se dégrade pas, sinon très lentement. Les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC, 2000) prévoient des valeurs par défaut de l'ordre de 0,5-0,6 pour les décharges qui comportent de la lignine. Pour bien représenter le fort pourcentage de lignine dans les déchets ligneux, on utilise 0,5, la valeur minimale de cette plage, pour calculer le potentiel de production de CH_4 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

La fraction du carbone organique dégradable (COD) représente la quantité de carbone organique qui est disponible pour la décomposition biochimique. L'Équation A3–81 sert à calculer la valeur du COD présent dans les déchets de bois à l'échelle nationale, en supposant que les déchets sont composés à 100 % de bois (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

En se basant sur ces considérations, on obtient un L_0 de 80 kg CH_4/t de déchets ligneux, calculé à partir de l'Équation A3–80.

Gaz d'enfouissement captés

Dans plusieurs grandes décharges de DSM, on capte les gaz d'enfouissement en vue de les éliminer par torchage, de les utiliser ou les deux. Grâce à leur teneur relativement élevée en CH_4, on peut brûler les gaz d'enfouissement pour produire de l'électricité ou de la chaleur. Dans une moindre mesure, depuis quelques années, le gaz capté est simplement recueilli et évacué. Les gaz d'enfouissement captés mais non utilisés sont éliminés par torchage. Aux fins de l'inventaire, les gaz captés comprennent uniquement les gaz éliminés par torchage ou utilisés. Pour calculer les émissions nettes de CH_4 des décharges, on soustrait la quantité de CH_4 captée du volume de CH_4 produit d'après le modèle Scholl Canyon, puis on additionne cette valeur à la portion de méthane émise lors du torchage. Les émissions de GES attribuables à l'utilisation de gaz d'enfouissement pour la récupération d'énergie sont comptabilisées dans le secteur de l'énergie. Le calcul des émissions nettes de CH_4 est illustré dans l'équation suivante :

Équation A3–82:

$$CH_{4(NET)} = CH_{4(produit)} - CH_{4(capté)} + CH_{4(E\text{-}torchage)}$$

où :

$CH_{4(NET)}$	=	émissions nettes de CH_4 provenant des décharges de DSM, t
$CH_{4(produit)}$	=	émissions de CH_4 produites par les décharges de DSM, t
$CH_{4(capté)}$	=	émissions de CH_4 captées par les décharges de DSM, t
$CH_{4(E\ torchage)}$	=	émissions de CH_4 libérées par suite du torchage des gaz d'enfouissement de DSM absorbés, t

Pour déterminer la quantité de CH_4 libérée par suite du torchage, on utilise un pourcentage d'efficacité de contrôle des émissions attribuables au torchage de 99,7 %. Cette valeur est tirée du Tableau 2.4-3 du chapitre 2.4 du document AP 42 de l'EPA (Environmental Protection Agency des États-Unis) (1995). La quantité de CH_4 libérée par suite du torchage des gaz d'enfouissement est calculée comme suit :

Équation A3–83:

$$CH_{4(E\text{-}torchage)} = CH_{4(torchage)} \times \left(1 - Eff_{(contrôle\text{-}torchage)}\right)$$

où :

$CH_{4(E\ torchage)}$	=	émissions de CH_4 libérées par suite du torchage des gaz d'enfouissement de DSM, t/an
$CH_{4(torchage)}$	=	CH_4 éliminé par torchage, t/an
$Eff_{(contrôle\ torchage)}$	=	efficacité du contrôle des émissions dues au torchage, fraction

Les quantités de CH_4 recueillies entre 1983 et 1996 proviennent d'enquêtes ponctuelles réalisées par Environnement Canada[28]. Pour la période de 1997 à 2003, les données ont été recueillies directement auprès

28 Perkin, communication personnelle (lettre datée de juillet 1998). Bureau national de la prévention de la pollution, Environnement Canada.

Tableau A3–50 Quantité estimative de CH4 produit par les DSM captée, éliminée par torchage et libérée de 1990 à 2011

Année	CH_4 produit (kt)	CH_4 capté (kt)	CH4 éliminé par torchage (kt)	CH_4 libéré par torchage (kt)	CH_4 libéré (kt)
1990	902,51	192,66	23,61	0,07	709,92
1991	917,40	195,64	27,18	0,08	721,84
1992	932,45	204,78	35,29	0,11	727,77
1993	947,46	209,39	44,46	0,13	738,21
1994	962,36	223,36	56,73	0,17	739,17
1995	977,02	243,44	69,36	0,21	733,79
1996	991,30	264,55	78,67	0,24	726,99
1997	1005,07	267,80	81,00	0,24	737,51
1998	1019,81	271,82	90,80	0,27	748,27
1999	1027,03	275,83	100,59	0,30	751,50
2000	1027,06	294,29	117,90	0,35	733,12
2001	1037,63	312,74	135,21	0,41	725,29
2002	1058,27	312,56	137,06	0,41	746,12
2003	1077,20	312,38	139,34	0,42	765,24
2004	1094,47	312,95	146,92	0,44	781,96
2005	1110,61	313,52	154,49	0,46	797,55
2006	1125,67	304,70	130,80	0,39	821,36
2007	1139,62	329,96	164,90	0,49	810,15
2008	1152,54	347,87	213,40	0,64	805,16
2009	1164,63	349,24	217,13	0,65	815,90
2010	1175,89	349,24	217,13	0,65	827,16
2011	1184,54	349,24	217,13	0,65	835,82

d'exploitants de décharges particuliers, par le Bureau national de la prévention de la pollution d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003a). Les données de 2005 sur le captage du CH_4 sont tirées d'une étude réalisée pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2007). Les données de 2006 et 2007 ainsi que de 2008 et 2009 sur l'absorption et l'utilisation de CH_4 proviennent d'études réalisées par la Division des gaz à effet de serre (GES) d'Environnement Canada en 2008 et 2010, respectivemet (Environnement Canada, 2009, 2011). Avant l'étude de collecte de données de 2008, les données relatives au captage des gaz d'enfouissement étaient recueillies chaque année impaire. Pour les besoins de l'inventaire national de GES, les données des années paires subséquentes ont été moyennées à partir des années impaires à compter de 1997. Cependant, les sondages biennaux subséquents ont permis de recueillir des données auprès des installations pour deux années, et ces données ont été utilisées pour les estimations figurant dans la déclaration de 2012. Faute de données sur les gaz d'enfouissement en 2010 et 2011, on a supposé que celles-ci étaient identiques aux données de 2009. Le Tableau A3–50 illustre la quantité de CH_4 capté et éliminé par torchage entre 1990 et 2011[29].

A3.5.1.2. Sources de données

Les données portant sur l'élimination des déchets proviennent d'une enquête sur les déchets que mène tous les deux ans Statistique Canada (2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010a). Les données de Statistique Canada sur l'élimination des déchets en 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 et 2008 servent à estimer les quantités de DSM pour l'inventaire national des GES.

Les données relatives au captage et au torchage des gaz d'enfouissement pour la période de 1997 à 2003 ont été recueillies directement auprès d'exploitants de décharge particuliers, tous les deux ans, par le Bureau national de la prévention de la pollution d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003a). Les données de 2005 sur le captage du CH_4 sont tirées de l'étude intitulée *An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada*, réalisée pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2007). Les données de 2006 et 2007 ainsi que de 2008 et 2009 sur le captage du CH_4 sont tirées d'une étude ultérieure menée par la Division des gaz à effet de serre (Environnement Canada, 2009, 2011).

29 Quand aucune donnée n'était disponible sur les installations de collecte des gaz d'enfouissement, les données provenant des études précédentes ont été utilisées.

A3.5.2. Émissions de CH_4 attribuables au traitement des eaux usées

A3.5.2.1. Méthodologie

Traitement des eaux usées municipales

La méthode par défaut proposée par le GIEC pour calculer les émissions de CH_4 attribuables au traitement des eaux usées domestiques ne peut être utilisée parce que les données requises (volume d'eau usée traitée) ne sont pas disponibles. En revanche, on utilise une méthode semblable à celle du GIEC, mise au point pour Environnement Canada (AECOM Canada, 2011), afin de calculer un coefficient d'émission. Un nouveau potentiel maximal de production de méthane (B_0) a été calculé. Dans les précédentes déclarations, un coefficient d'émission du méthane de 0,22 kg CH_4/kg par demande biologique d'oxygène pendant 5 jours (DBO_5), établi par ORTECH, était utilisé. Après l'examen centralisé de 2009, cette valeur a été remise en question car le coefficient d'émission par défaut établi selon les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques* (2000) est de 0,6 kg CH_4/kg DBO_5. À la suite du rapport de l'équipe d'examen composée d'experts et en raison du problème soulevé avec la valeur B_0 par défaut du GIEC, on a demandé à AECOM de passer en revue les données actuelles et de confirmer le coefficient d'émission (CE) à utiliser. La valeur B_0 recommandée par AECOM est de 0,36 kg CH_4 par kg DBO_5. Il a aussi été recommandé que le facteur de conversion du méthane (FCM) soit modifié et qu'on passe d'un pourcentage de population desservie par un traitement anaérobie au produit d'un FCM combiné (fosses septiques, lagunes facultatives, bassins anaérobies et décharge directe) et de la population provinciale desservie par ces systèmes, c.-à-d. non desservie par un système de traitement centralisé. On a recommandé un FCM de 0,3, considérant qu'il reflétait de façon optimale la réalité de la distribution des installations municipales canadiennes de traitement des eaux usées selon les meilleures données disponibles.

Par conséquent, un coefficient d'émission de 0,108 a été calculé à partir du produit d'un B_0 de 0,36 kg CH_4 par kg DBO_5 et d'un FCM de 0,3. Pour obtenir un coefficient d'émission en kg CH_4/personne/an, la relation suivante a été utilisée, compte tenu d'un taux de charge organique de 0,050 kg DBO_5/personne/jour.

Équation A3–84:

$$CE_{CH_4}\left(kg\ CH_4 / personne\ par\ an\right) = \left(taux\ de\ charge\ de\ DBO_5\ par\ personne\right) \times \left(taux\ de\ production\ de\ CH_4\right)$$
$$= \left(0{,}05 \cdot \frac{kg\ DBO_5}{personne \times jour}\right) \times \left(365 \cdot \frac{jours}{an}\right) \times \left(0{,}108 \frac{kg\ CH_4}{kg\ DBO_5}\right)$$
$$= \left(1{,}971 \frac{kg\ CH_4}{personne \times jour}\right)$$

Le pourcentage des eaux usées traitées par voie aérobie pour chaque province est calculé en multipliant le pourcentage de population rurale (AECOM Canada, 2011) et la population de la province ou du territoire. On suppose la présence en régions rurales de traitements primaires et secondaires des eaux usées par voie anaérobie, de fosses septiques et de points de déversement où l'effluent est rejeté sans traitement et où les émissions de CH_4 ne sont pas captées. On peut présumer que les municipalités urbaines canadiennes sont desservies par des systèmes de traitement aérobie ou par des systèmes anaérobies captant entièrement les biogaz où ils sont utilisés ou éliminés par torchage, et ce, avec une combustion presque complète. À l'aide de la définition de Statistique Canada décrivant une région urbaine[30] et des données du recensement de 2006, qui donne les populations provinciales, on peut obtenir le pourcentage de la population rurale.

Pour calculer les émissions de CH_4, on multiplie les coefficients d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2012) et par la fraction d'eaux usées ayant fait l'objet d'un traitement anaérobie.

Équation A3–85:

$$CH_{4(x)} = CE_{CH_4} \times P_x\ FRAC_{AN(x)}$$

où :

$CH_{4(x)}$	=	émissions de CH_4 provenant du traitement des eaux usées dans la province x, t/an
CE_{CH4}	=	coefficient d'émission de CH_4 pour le traitement des eaux usées, t/personne/année
P_x	=	population de la province x
$FRAC_{AN(x)}$	=	fraction des eaux usées traitées par voie anaérobie dans la province x

30 « Une région urbaine a une concentration démographique d'au moins 1 000 habitants et une densité de population d'au moins 400 habitants au kilomètre carré, d'après les chiffres du recensement actuel. Tout territoire situé à l'extérieur des régions urbaines est considéré comme région rurale. Ensemble, les régions urbaines et rurales représentent toute la superficie du Canada. »

Le Tableau A3–51 illustre le pourcentage des eaux usées traitées par voie anaérobie, incluant les eaux usées non traitées, pour la période de 1990 à 2011. Le reste des eaux usées reçoit un traitement aérobie (traitement primaire et secondaire).

Traitement des eaux usées industrielles – CH_4 et N_2O

Dans les précédentes déclarations, les émissions de cette sous-catégorie n'étaient pas estimées même si elles étaient établies. Afin de corriger cette lacune, des données ont été recueillies dans le cadre d'une étude interne portant sur les établissements industriels utilisant des unités anaérobies pour traiter sur place leur effluent, ou soupçonnés d'utiliser de telles unités. L'information ainsi acquise a permis d'estimer les émissions de chaque site.

Les émissions provenant de la gestion sur place des eaux usées industrielles sont habituellement difficiles à quantifier à cause des questions de confidentialité et de la variété des unités de traitement biologique axées sur les composés organiques biodégradables ou d'extraction de l'azote, ou pouvant avoir ces deux fonctions.

À la lumière des connaissances acquises grâce aux réponses faites aux associations industrielles et aux ministres provinciaux de l'Environnement – indiquant que les unités anaérobies de traitement des eaux usées industrielles étaient relativement peu nombreuses au Canada –, il a été décidé de mettre en œuvre une approche de niveau 3 afin de recueillir de l'information directement auprès de chaque installation. L'utilisation des valeurs et de la méthodologie par défaut, sans connaître les secteurs de l'industrie ayant recours à un traitement anaérobie, l'existence de systèmes de récupération des biogaz et la quantité de biogaz réellement récupérées, entraînerait une surestimation inacceptable des émissions de méthane.

Conformément aux *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2000), l'arbre de décision pour les émissions de CH_4 provenant de la gestion des eaux usées industrielles a été utilisé comme cadre de travail pour l'approche de niveau 3. À l'aide de l'information recueillie pour les précédents rapports d'inventaire national (RIN) – détaillée à l'annexe 3.5 de la déclaration originale du Canada de 2010, pour les industries produisant de grands volumes d'eaux usées – les secteurs industriels ont été classés comme suit, en ordre d'importance en fonction des données propres aux instal-

Tableau A3–51 Pourcentage des eaux usées traitées par voie anaérobie (par province et territoire) pour la période de 1990 à 2011

	Fraction des eaux usées traitées par voie anaérobie (%)												
Année	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	QC	ON	MB	SK	AB	C.-B.	NT	T.N.-O.	YN
1990	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1991	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1992	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1993	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1994	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1995	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1996	92	56	76	40	43	9	30	44	18	23	100	97	57
1997	92	56	76	40	41	9	30	44	18	23	100	97	57
1998	92	56	76	40	37	9	30	44	18	23	100	97	57
1999	92	56	76	40	32	9	30	44	18	23	100	97	57
2000	92	56	76	40	27	9	30	44	18	23	100	97	57
2001	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2002	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2003	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2004	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2005	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2006	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2007	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2008	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2009	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2010	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57
2011	92	56	76	40	25	9	30	44	18	23	100	97	57

Source : Données pour 1996–2006 fournies par AECOM (2011). On a supposé que les valeurs pour les années précédant et suivant cette période étaient constantes.

lations, qui seront recueillies au moyen d'études : pâtes et papiers, produits chimiques, aliments, boissons, produits du pétrole et du charbon, produits du caoutchouc, produits du plastique et textiles (total).

Les secteurs industriels suivants ont été écartés en raison de confirmations de la part de représentants de l'industrie à l'effet qu'aucun traitement anaérobie n'était utilisé par les installations de ces secteurs : produits chimiques[31], boissons[32], produits du pétrole et du charbon[33], produits du caoutchouc[34], produits du plastique[35],[36] et textiles (total)[37]. Des demandes ont été faites en 2006 à l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques (ACFPC), à l'Association canadienne de l'industrie des boissons gazeuses (ACIBG), à l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) et à l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc (ACIC) en vue d'obtenir une con-

31 ACFPC. 2006. Communication personnelle, courriel de Bruce Caswell, de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques, à Paula Critchley, Section des déchets, Division des gaz à effet de serre. Le 4 décembre 2006.

32 ACIBG. 2006. Communication personnelle par téléphone entre le représentant de l'Association canadienne de l'industrie des boissons gazeuses et Paula Critchley, Section des déchets, Division des gaz à effet de serre. Décembre 2006.

33 ACPP. 2006. Communication personnelle, courriel de Sonia Simard, de l'Association canadienne des producteurs pétroliers, à Paula Critchley, Section des déchets, Division des gaz à effet de serre. Le 24 octobre 2006.

34 ACIC. 2006. Communication personnelle par téléphone entre le représentant de l'Association canadienne de l'industrie du caoutchouc et Paula Critchley, Section des déchets, Division des gaz à effet de serre. Décembre 2006.

35 ACIP. 2006. Communication personnelle, courriel de Ray Kelsey, de l'Association canadienne de l'industrie des plastiques, à Paula Critchley, Section des déchets, Division des gaz à effet de serre. Décembre 2006.

36 ACIP. 2010. Communication personnelle, courriel de Fred Edgecombe, de l'Association canadienne de l'industrie des plastiques, à Shanta Chakrovortty, Section des déchets, Division des gaz à effet de serre. Le 6 octobre 2010.

37 Lincoln Fabrics. 2010. Communication personnelle par courriel de Steve Thistle, Gestionnaire de Lincoln Fabrics Ltd., à Shanta Chakrovortty, Secteur des déchets,, Division des gaz à effet de serre. Le 4 octobre 2010.

firmation pour les dernières années; toutefois, aucun des membres ayant répondu n'avait indiqué qu'il utilisait un système de traitement anaérobie. Il a été déterminé que 19 installations avaient des systèmes anaérobies : deux dans le secteur des pâtes et papiers, quinze dans le secteur de l'alimentation et deux dans l'industrie des boissons. Les résumés d'un séminaire tenu en 2004 montrent l'existence de 13 sites (Crolla *et al.* 2004); par conséquent, on peut supposer que la couverture de ce secteur est complète. De tous les secteurs touchés, ce sont les deux installations du secteur des pâtes et papiers qui traitent de loin la plus grande quantité d'eau usée.

À partir de recherches effectuées sur Internet et de communications directes avec les établissements, nous avons trouvé seulement deux établissements de pâtes et papiers du Canada utilisant un traitement anaérobie. Cette information a été confirmée par l'association de ce secteur : l'Association des produits forestiers du Canada (APFC)[38]. Ces établissements ont présenté directement leur production de méthane en unités volumétriques. Ces quantités ont été converties en unités de masse en utilisant la densité du méthane à 25 °C et à 1 atm. Les émissions fugitives provenant des digesteurs et de la tuyauterie ont été estimées à 0,5 %, ce pourcentage étant une moyenne calculée à partir des pertes provenant des canalisations et des fuites au niveau de l'utilisateur final pour le traitement, le transport et la distribution du gaz naturel (0,6 %), et des fuites provenant des secteurs résidentiel et commercial (0,4 %), tel qu'indiqué dans le manuel de référence du GIEC, au tableau 1.6, page 1.29 (GIEC/OCDE/AIE. 1997). Cependant, un représentant d'une firme d'ingénierie pour l'un des systèmes a confirmé qu'il ne devrait pas y avoir de fuite puisque le système était maintenu sous pression négative et que des détecteurs d'oxygène présents dans le système permettaient d'alerter les opérateurs en cas de fuite. Par conséquent, les émissions devraient être nulles si l'autre établissement utilise un système similaire. Les émissions de méthane associées à l'inefficacité de la combustion et à l'utilisation des dispositifs ont aussi été prises en compte. L'efficacité de la destruction du méthane était de 0,995 pour un dispositif fermé de combustion et de 0,98 pour une chaudière (Climate Action Reserve, 2009). Par conséquent, le total des émissions a été la somme des pertes de méthane liées à la tuyauterie et du méthane échappant à la combustion dans le dispositif de combustion et la chaudière.

38 APFC. Communication personnelle, courriel de Roger Cook, de l'Association des produits forestiers du Canada à Shanta Chakrovortty, Secteur des déchets,, Division des gaz à effet de serre. Le 4 octobre 2010.

De même, les émissions provenant de l'industrie de l'alimentation ont aussi été calculées. Cependant, quand aucune donnée de production n'était disponible (un producteur de fromage, un transformateur de pommes de terre et un fabricant de friandises), les paramètres de conception (volumes d'eaux usées de transformation, DCO) ont été obtenus auprès de la firme d'ingénierie ayant fourni les unités à ces établissements, et les paramètres ont été utilisés en conjonction avec le coefficient d'émission par défaut du GIEC (GIEC/OCDE/AIE. 1997) pour établir les quantités de gaz. Puisque l'on sait que le gaz est capté, on suppose que les pertes, c.-à-d. les émissions, proviennent de la tuyauterie et de l'utilisation par une chaudière.

Le Tableau A3–52 présente les secteurs industriels inclus dans les enquêtes d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1986, 1991 et 1996a) ainsi que les valeurs de DCO par défaut correspondantes du GIEC choisies pour représenter les secteurs industriels (GIEC, 2000).

A3.5.2.2. Sources de données

Les volumes de biogaz capté, la fraction de CH_4 dans le biogaz et les données sur la combustion du biogaz capté (utilisation et/ou torchage) ont été fournis directement par l'établissement industriel. Quand aucune information n'était disponible, les spécifications de conception ont été fournies par les firmes d'ingénierie ayant conçu les systèmes ou par l'établissement, et ces spécifications ont été utilisées pour calculer les émissions, lesquelles représentent des estimations conservatrices.

A3.5.3. Émissions de N_2O attribuables au traitement des eaux usées

A3.5.3.1. Méthodologie

Les émissions de N_2O attribuables au traitement des eaux usées municipales se calculent à l'aide de la méthode par défaut du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Cette méthode estime les émissions en prenant pour base la quantité d'azote présente dans les déchets et en présumant qu'une quantité de 0,01 kg N_2O-N/kg d'azote des déchets sera produite.

Pour estimer la quantité d'azote présente dans les déchets, on présume que les protéines renferment 16 % d'azote (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La consommation canadienne de protéines est tirée des statistiques sur l'alimentation

Tableau A3–52 Valeurs de DCO utilisées dans l'estimation des émissions de CH4, par type d'industrie

Groupe industriel	Type d'industrie du GIEC	Composant organique dégradable du GIEC - DCO (g/L)
Aliments	Légumes, fruits et jus	5
Boissons	Boissons gazeuses	2
Produits du caoutchouc	Produits chimiques organiques	3
Produits du plastique	Plastiques et résines	3,7
Textiles primaires et produits textiles	Textiles (naturels)	0,9
Produits du bois	ND	ND
Papier et produits connexes	Pâtes et papiers (combinés)	9
Métaux de première fusion	ND	ND
Produits métalliques ouvrés	ND	ND
Matériel de transport	ND	ND
Produits minéraux non métalliques	ND	ND
Produits du pétrole et du charbon	Raffineries de pétrole	1
Produits chimiques	Produits chimiques organiques	3

Notes :
Sources : GIEC (2000), sauf le groupe Industriel qui provient d'Environnement Canada (1986, 1991, 1996a).
ND = non disponible

publiées annuellement (Statistique Canada 2007b, 2008b, 2010b) et illustrées au Tableau A3–53. Les données sur la consommation de protéines tiennent également compte des pertes qui peuvent survenir dans les magasins et les foyers et au moment de la cuisson et du service à table. Les données sont fournies pour les années 1991, 1996 et 2001 à 2009. Une application de régression linéaire multiple permet d'estimer les données des autres années à partir des données de Statistique Canada. Faute de données sur la consommation de protéines en 2010 et 2011, on a supposé que ces valeurs étaient restées constantes à partir de 2009.

On considère dans ce cas la consommation de protéines (qui tient compte des pertes pouvant survenir dans les magasins et les foyers et au moment de la cuisson et du service à table) plutôt que la disponibilité des protéines car on obtient ainsi une estimation plus réaliste et plus exacte des émissions de N_2O. Lors d'un examen du rapport du Canada de 2011 réalisé par l'équipe d'experts en 2011, les émissions de cette catégorie ont été rajustées car on a cru que l'utilisation de données sur la consommation de protéines entraînait une sous-estimation des émissions de N_2O. Voici un extrait de l'examen du rapport annuel daté du 26 avril 2012 [traduction] :

« Justification du rajustement

132. Le Canada utilise des facteurs de correction adoptés par les États-Unis aux fins de l'estimation des émissions attribuables aux eaux usées sanitaires afin de tenir compte des déchets alimentaires. Ni les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996, ni les

Tableau A3–53 Consommation canadienne de protéines

Année	Consommation de protéines (g/personne/jour)
1990	65,26
1991[a]	66,19
1992	66,55
1993	67,20
1994	67,86
1995	68,52
1996[a]	68,59
1997	69,87
1998	70,56
1999	71,25
2000	71,95
2001[a]	72,97
2002	72,79
2003[a]	71,76
2004[a]	72,18
2005[b]	71,12
2006[b]	71,03
2007[b]	71,79
2008[b]	70,25
2009[b]	69,85
2010[b]	69,85
2011[b]	69,85

Sources :
a. Statistique Canada (2008b), Statistiques sur les aliments, no 21-020-X au catalogue. Les données ont été ajustées pour tenir compte des pertes qui peuvent survenir dans les magasins et les foyers et au moment de la cuisson et du service à la table.

b. Statistique Canada (2010b), Statistiques sur les aliments, no 21-020-X au catalogue. Les données ont été ajustées pour tenir compte des pertes qui peuvent survenir dans les magasins et les foyers et au moment de la cuisson et du service à la table.

Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques ne prennent en considération le concept de facteur de perte, ou ne fournissent de directives sur la manière d'apporter ces corrections. Dans les Lignes directrices du GIEC de 2006 (utilisées par les États-Unis), la méthode énoncée tient compte des pertes, mais inclut simultanément les protéines non consommées ajoutées aux eaux usées et les protéines rejetées par les installations industrielles et commerciales dans le réseau d'égouts. Le fait de tenir compte des pertes (pour lesquelles aucune méthode n'est énoncée dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996) sans tenir compte des émissions attribuables aux protéines non consommées (pour lesquelles il n'existe pas non plus de méthode dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996) peut entraîner une sous-estimation des émissions.

Recommandation à la Partie visée

133. À défaut de facteur de perte propre au pays et si la Partie ne peut démontrer que la méthode utilisée n'entraîne pas une sous-estimation des émissions, l'équipe d'examen composée d'experts (**FCCC/ARR/2011/CAN34**) recommande que le Canada utilise les valeurs de consommation de protéines non corrigées, déclarées par la Partie à la FAO dans son rapport sur les émissions de N_2O attribuables aux eaux usées sanitaires, de façon à éviter que les émissions ne soient sous-estimées. »

Conformément à cette décision, on a utilisé des données sur les protéines disponibles dans le nouveau rapport présenté en 2011 et dans le rapport subséquent de 2012. À la suite du rajustement recommandé par l'équipe d'experts de la CCNUCC, le Canada a demandé à AECOM de réaliser une étude (2012) pour analyser la justification du rajustement recommandé par l'équipe d'experts ainsi que les données et les méthodes utilisées pour dériver les données canadiennes sur la consommation de protéines. La conclusion du rapport est la suivante :

« 1. Le Canada se conforme aux exigences des Lignes directrices révisées du GIEC de 1996 et des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques.

2. Dans les Lignes directrices du GIEC de 1996, les émissions de N2O attribuables aux eaux usées sanitaires sont estimées en fonction de l'absorption de protéines par habitant et par année. L'utilisation de données sur les protéines disponibles pour la consommation par habitant et par année entraîne une surestimation des émissions.

3. Le Canada rajuste les données sur les protéines disponibles au moyen des statistiques de l'USDA[39] sur les pertes alimentaires afin d'obtenir une estimation des protéines consommées. Les ensembles de données de la FAO fournissent des données sur les protéines disponibles pour la consommation par habitant et par année; l'utilisation de ces données entraîne une surestimation de la consommation annuelle de protéines par habitant.

   Il faudrait tenir compte des pertes survenant dans les foyers et les magasins lorsqu'on estime la consommation de protéines, plus particulièrement pour les pays développés, comme le Canada, où la plupart des pertes se produisent à ce niveau. Dans les pays en développement, 40 % des pertes surviennent après la récolte ou lors de la transformation. Par conséquent, les données de la FAO[40] ne rendent pas compte de manière adéquate des principales pertes qui se produisent dans les pays développés.

   Le Canada ne dispose pas de données nationales lui permettant d'estimer ces pertes alimentaires, et utilise donc les estimations établies par l'ERS de l'USDA[41].

   Bien que les habitudes alimentaires diffèrent au Canada et aux États-Unis, les catégories d'aliments consommés sont presque identiques, et la transformation ainsi que le mode de consommation sont comparables pour un aliment donné. Les estimations de pertes alimentaires établies aux États-Unis, par type d'aliment, peuvent donc être utilisées pour l'estimation de la consommation d'aliments au Canada.

4. On ne devrait pas comparer l'approche utilisée dans le Rapport d'inventaire national du Canada de 2011 à l'approche utilisée dans le rapport des États-Unis, sans tenir compte des différences dans les méthodes employées. Les États-Unis se conforment aux Lignes directrices du GIEC de 2006, selon lesquelles des coefficients permettent de rendre compte de l'azote non consommé et des apports d'azote d'origine industrielle et commerciale. Bien que l'on puisse penser que l'utilisation de ces coefficients donne une estimation plus prudente des émissions de N_2O attribuables aux eaux usées, il convient de noter que le coefficient d'émission employé dans les Lignes directrices du GIEC de 2006 est moitié moindre que le coefficient d'émission énoncé dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996 (GIEC/OCDE/AIE,1997). Les émissions de N_2O déclarées par

39 Department of Agriculture des États-Unis

40 Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

41 Economic Research Service du Department of Agriculture des États-Unis

habitant sont donc moins élevées aux États-Unis qu'au Canada.

5. La valeur par défaut FNON-CON[42] fixée à 1,4 dans les Lignes directrices du GIEC de 2006 n'est pas appropriée pour le Canada. Les Lignes directrices du GIEC de 2006 proposent d'utiliser une valeur par défaut FNON-CON de 1,4 pour les pays développés où l'on utilise des broyeurs d'évier. Moins de 10 % et moins de 50 % des foyers au Canada et aux États-Unis, respectivement, utilisent des broyeurs d'évier. Les déchets de cuisine au Canada sont habituellement gérés avec les déchets solides ou compostés sur place. Par conséquent, si le Canada devait adopter les Lignes directrices du GIEC de 2006, il ne serait pas approprié d'utiliser la valeur FNON-CON de 1,4.

6. Les taux de charge d'azote par habitant fondés sur les contributions individuelles au réseau d'égouts sont conformes à la charge d'azote selon les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996. Dans l'industrie du traitement des eaux usées, la quantité d'azote produite par un individu lorsqu'aucun broyeur n'est utilisé est habituellement fixée à 13 g N/habitant/jour. Comme il est indiqué à la section 7.1, la charge d'azote au Canada, établie en fonction de la consommation de protéines et de la disponibilité des protéines par habitant en 2009, est de 11,2 g N/habitant/jour et de 16,5 g N/habitant/jour, respectivement. La première valeur constitue une estimation plus exacte de l'azote produit par un individu et est conforme aux Lignes directrices révisées du GIEC de 1996, selon lesquelles ont doit tenir compte des protéines provenant des eaux usées sanitaires, et exclure les protéines d'origine industrielle et les protéines non consommées.

7. En appliquant les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996 et en utilisant les données sur les protéines disponibles, on obtient une estimation plus élevée du N_2O-N produit par habitant qu'en utilisant les Lignes directrices du GIEC de 2006 et toutes les combinaisons de valeurs de protéines disponibles ou de protéines consommées et de valeurs par défaut FNON-COM.

   La méthode énoncée dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996 est fondée sur les protéines consommées; selon les données canadiennes sur la consommation de protéines, la production de N_2O est estimée à 0,1118 g N_2O-N/habitant/jour. L'équipe d'examen composée d'experts prétend toutefois que le Canada devrait utiliser les données sur les protéines disponibles pour effectuer ce calcul; la production de N_2O s'établirait alors à 0,1644 g N_2O-N/habitant/jour. Cette valeur ne semble pas raisonnable lorsqu'on la compare à des calculs équivalents fondés sur les Lignes directrices du GIEC de 2006. Selon toutes les combinaisons de valeurs de protéines disponibles ou de protéines consommées et de valeurs par défaut FNON-CON de 1,1 ou 1,4, les émissions canadiennes de N_2O-N par habitant calculées conformément aux Lignes directrices de 2006 sont plus faibles que les émissions calculées conformément aux Lignes directrices révisées de 1996 avec les données sur les protéines disponibles. Il semble donc peu justifié que le Canada adopte la méthode ultra-prudente recommandée par l'équipe d'examen composée d'experts. »

Le Canada a donc recommencé à utiliser la méthode fondée sur la consommation de protéines, qui tient compte des pertes survenant dans les magasins et les foyers et au moment de la cuisson et du service à table.

Le coefficient d'émission du N_2O se calcule comme suit :

Équation A3–86:

$$CE_{N2O} = CP_{N2O-N} \times FRAC_{NPR} \times \frac{44}{28}$$

où :

CE_{N2O}	=	coefficient d'émission, kg N_2O/personne/an
CP	=	absorption annuelle de protéines par habitant, kg/personne/an (Statistique Canada 2007b, 2008b, 2009b)
CE_{N2O-N}	=	coefficient d'émission : valeur par défaut de 0,01 (0,002 0,12) kg N_2O-N/kg d'azote de déchets produit
$FRAC_{NPR}$	=	fraction de l'azote présent dans les protéines : valeur par défaut = 0,16 kg N/kg de protéines
44/28	=	coefficient stœchiométrique utilisé pour convertir l'azote en N_2O

Les émissions sont calculées en multipliant le coefficient d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada 2006, 2012) :

42 Fraction des protéines non consommées

Équation A3–87:

$$N_2O_s = CE_{N_2O} \times NR_{PERSONNE}$$

où :

N_2O_s	=	émissions de N_2O attribuables aux déchets humains, en kg N_2O-N/an
CE_{N2O}	=	coefficient d'émission, kg N_2O/personne/an (Équation A3–86).
$NR_{PERSONNE}$	=	nombre de personnes dans le pays

A3.5.3.2. Sources de données

Les données de la consommation canadienne de protéines sont tirées des statistiques sur l'alimentation publiées annuellement (Statistique Canada, 2008b, 2010b).

Les données démographiques provinciales sont tirées de Statistique Canada (Statistique Canada, 2006, 2012).

A3.5.4. Émissions de CO_2 attribuables à l'incinération des déchets

A3.5.4.1. Méthodologie

Incinération des déchets solides municipaux

L'arbre de décision du GIEC (2000), illustré à la figure 5.5 pour les émissions de CO_2 attribuables à l'incinération des déchets, définit ce qui constitue une bonne pratique dans l'adaptation des méthodes proposées dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Comme on ne dispose pas de données ventilées par pays sur la teneur en carbone, on choisit la case 2 de l'arbre de décision de la figure 5.5 (GIEC, 2000) comme méthode de calcul des émissions de CO_2.

Les trois étapes de la méthode mise au point pour estimer les émissions de CO_2 attribuables à l'incinération des déchets sont les suivantes :

Calcul de la quantité de déchets incinérés : La quantité de déchets incinérés chaque année est fondée sur deux sources principales. La quantité de DSM incinérés en 1992 a été estimée à partir d'une étude menée par la Direction générale des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). Quant à la quantité de DSM incinérés durant les années 1999, 2000 et 2001, elle a été estimée à partir de l'étude intitulée « Municipal Solid Waste Incineration in Canada: An Update on Operations 1999-2001 » menée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003b). Une équation polynomiale d'ajustement de courbe permet d'estimer la quantité de DSM incinérés de 1991 à 1998 à partir des valeurs fournies par A.J. Chandler & Associates Ltd. et Environnement Canada. Pour estimer les coefficients de la fonction polynomiale, on a recours à une application de régression linéaire multiple (outil pour une série statistique LINEST de Microsoft Excel). C'est une fonction polynomiale d'ordre 13 qui offre le meilleur ajustement. Cette méthode d'estimation (régression linéaire multiple) est compatible avec la méthode d'interpolation du GIEC (GIEC, 2000). Pour estimer la quantité de DSM incinérés de 2002 à 2011, on effectue une extrapolation des tendances en utilisant les valeurs d'incinération des DSM d'A.J. Chandler & Associates Ltd. et d'Environnement Canada pour toutes les provinces visées à l'exception du Québec et de l'Ontario, où seule la première source est utilisée. En Ontario, une des usines d'incinération a fermé ses portes à la fin de 2001. La quantité de déchets incinérés dans cette province pour la période de 2002 à 2011 a donc été estimée en corrélant les valeurs d'incinération d'A.J. Chandler & Associates Ltd. pour 1999-2001 avec les données démographiques (Statistique Canada, 2006, 2012) et en présumant que l'usine d'incinération de l'Ontario était fermée durant cette période.

Le Tableau A3–54 illustre les valeurs estimées relativement à l'incinération des DSM pour la période de 1990 à 2011.

Établissement des coefficients d›émission : Les coefficients provinciaux d'émission de CO_2 ont été mis au point à partir d'une étude menée par la Direction générale des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). Ces coefficients sont fondés sur l'hypothèse que le carbone contenu dans les déchets subit une oxydation complète et se transforme entièrement en CO_2.

La ventilation par province des types de déchets incinérés en 1992 a été estimée par la Direction générale des

Tableau A3–54 Estimation des DSM incinérés (par province) de 1990 à 2011

Année	DSM incinérés (t)					
	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	QC	ON	C.-B.
1990	0	32 000	76 500	619 522	258 700	239 752
1991	0	32 000	53 458	564 219	266 361	252 214
1992	35 500	29 800	56 700	541 100	277 000	257 500
1993	0	32 000	57 953	530 107	255 272	262 964
1994	0	32 000	57 564	508 308	251 779	265 179
1995	0	32 000	55 924	483 314	249 873	265 668
1996	0	32 000	53 421	455 098	249 719	264 723
1997	0	32 000	50 443	423 631	251 484	262 637
1998	0	32 000	47 385	388 882	255 337	259 705
1999	0	32 212	45 000	298 904	258 429	254 800
2000	0	33 000	42 000	303 887	270 811	256 400
2001	0	32 224	42 000	303 910	281 671	246 700
2002	0	32 662	41 487	307 715	165 060	251 949
2003	0	32 824	39 079	310 700	178 747	251 718
2004	0	33 036	37 246	314 041	192 169	251 406
2005	0	33 214	38 641	317 108	204 647	251 009
2006	0	33 151	38 574	320 418	217 032	250 563
2007	0	33 255	40 546	324 121	228 406	249 934
2008	0	33 914	39 098	328 353	241 206	249 221
2009	0	34 620	36 089	333 374	253 546	248 500
2010	0	35 568	31 628	338 661	267 567	247 837
2011	0	36 794	28 412	343 524	280 463	247 388

Note : Usine d'incinération de l'Ontario fermée à la fin de 2001.

Tableau A3–55 Quantités de déchets incinérés en 1992

	Quantités de déchets incinérés en 1992											
Types de déchets	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	QC	ON	MB	SK	AB	C.-B.	T.N.-O. et NT	YUKON
Papier	13 600	10 100	19 940	p.i.	171 610	96 200	p.i.	p.i.	p.i.	92 170	p.i.	p.i.
Plastique	2 650	2 800	5 250	p.i.	42 490	23 200	p.i.	p.i.	p.i.	23 700	p.i.	p.i.
Matières organiques	9 820	9 670	17 710	p.i.	190 480	102 000	p.i.	p.i.	p.i.	65 580	p.i.	p.i.

Source : Environnement Canada (1996b), tableaux 2.3-2.26.
Note : l'abréviation p.i. signifie qu'il n'y a pas d'incinération dans cette province.

déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). La quantité de déchets incinérés a été divisée en trois catégories : le papier, le plastique et les matières organiques. Le Tableau A3–55 indique ces quantités.

Conformément aux *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997), l'estimation des émissions tient compte uniquement des émissions de CO_2 qui résultent de l'incinération du carbone présent dans les déchets d'origine fossile (p. ex. les plastiques, certains textiles, le caoutchouc, les solvants liquides et les huiles usées) (GIEC, 2000). Pour mettre au point un coefficient d'émission qui exclut les émissions résultant de l'incinération de la biomasse, il faut donc estimer la proportion de matière d'origine fossile dans les déchets. On obtient une ventilation estimative de la composition organique en calculant la moyenne des données de composition des déchets tirées de trois documents publiés (Environnement Canada, 1994, 1995a, 1995b). Le Tableau A3–56 indique la ventilation de la composition organique ainsi obtenue de même que les valeurs de teneur en humidité et en carbone utilisées pour estimer les émissions attribuables à l'incinération des DSM.

La quantité de carbone à base de combustibles fossiles disponible dans les déchets incinérés est déterminée à l'aide des valeurs caractéristiques de teneur en carbone en pourcentage du poids total. Les valeurs de quantité de carbone et de teneur en humidité sont tirées de Tchobanoglous *et al*. (1993) et de Peavy *et al*. (1985). La teneur en carbone du plastique est de 80 %, soit une moyenne de la plage de 75 % à 85 % qui figure dans les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC 2000), une valeur fondée sur une recommandation émise par une équipe composée d'experts (EEE) qui a procédé à examen centralisé en 2011. Pour estimer la quantité de carbone par tonne de déchets, on soustrait la teneur en humidité de la masse des déchets d'origine fossile et on multiplie le résultat par la teneur en carbone du type de déchet. On détermine la portion des déchets organiques d'origine fossile en multipliant la quantité de déchets organiques par le pourcentage de la composition d'origine fossile, comme suit :

Équation A3–88:

$$Type\ déchets_{Origine\ fossile} = M_{Total} \times \left(1 - \%\ Organique_{Comp}\right)$$

où :

Type déchets$_{Origine\ fossile}$	=	quantité de déchets à base de combustibles fossiles incinérés, t
M_{Total}	=	quantité de déchets incinérés, t (données de 1992 provenant d'Environnement Canada (1996b)
%Organique$_{Comp}$	=	pourcentage de composition organique par type de déchets (Environnement Canada 1994; Environnement Canada 1995a; Environnement Canada 1995b)

Pour convertir la quantité de carbone d'origine fossile en tonnes de CO_2 par tonne de déchets, on la multiplie par le rapport entre la masse moléculaire du CO_2 et celle du carbone. La dérivation du coefficient d'émission de CO_2 est illustrée dans les équations suivantes :

Équation A3–89:

$$C_{Dispo\,(y)} = \left(Type\ déchets_{Origine\ fossile}\right) \times \left(1 - \%\ Humidité\right) \times \%\ C_{Type\ déchets}$$

où :

$C_{Dispo\,(y)}$	=	carbone disponible par type de déchets dans la province y, t
Type déchets$_{Origine\ fossile}$	=	quantité de déchets à base de combustibles fossiles incinérés, t (données de 1992 d'Environnement Canada) (1996b)
% Humidité	=	% de la teneur en humidité par type de déchets (Tchobanoglous et al., 1993)
% $C_{Type\ déchets}$	=	pourcentage de carbone par type de déchets (poids sec) (Tchobanoglous et al., 1993)

Équation A3–90:

$$CE_{CO_2\text{-}1992_{(y)}} = \left(\frac{\sum C_{dispo(y)}}{M_{inc\,(y)}}\right) \times \frac{44}{12}$$

où :

$CE_{CO_2\ 1992(y)}$	=	coefficient d'émission de CO_2 provincial en 1992 pour l'incinération des déchets pour une province y, t CO_2/t de déchets incinérés
$C_{dispo(y)}$	=	carbone disponible par type de déchets dans la province y, t (voir l'Équation A3–89)
$M_{inc\,(y)}$	=	masse totale de déchets incinérés en 1992 dans la province y, t
44/12	=	coefficient stœchiométrique utilisé pour convertir le carbone en CO_2.

Tableau A3–56 Composition organique estimative et teneur en humidité et en carbone des DSM

Composant	Matières organiques totales (%)	Teneur en humidité (%)	Teneur en carbone (%)
Déchets de jardin	41	60,0	47,8
Déchets alimentaires	31	70,0	48,0
Déchets ligneux	16	20,0	49,5
Textiles	10	10,0	55,0
Caoutchouc	2	2,0	69,7
Total des matières organiques	**100**	**50,5**	**49,3**

Sources :
Tchobanoglous et al. (1993), pages 70 et 80.
Les constantes propres au carbone pour les textiles et les déchets de jardin sont tirées de Peavy et al. (1985).

Tableau A3–57 Données sur les activités et émissions attribuables à l'incinération de déchets dangereux de 1990 à 2011

Année	Quantité de déchets dangereux incinérés	Émissions estimées de GES		
	tonnes	kt CO_2	kt N_2O	kt CH_4
1990	100 762	166,3	0,319	0,017
1991	109 111	180,0	0,345	0,018
1992	117 879	194,5	0,373	0,020
1993	125 109	206,4	0,396	0,021
1994	142 050	234,4	0,449	0,024
1995	164 727	271,8	0,521	0,028
1996	146 125	241,1	0,462	0,025
1997	132 348	218,4	0,419	0,022
1998	155 511	256,6	0,492	0,026
1999	140 820	232,4	0,446	0,024
2000	168 379	277,8	0,533	0,029
2001	179 525	296,2	0,568	0,030
2002	184 845	305,0	0,585	0,031
2003	144 036	237,7	0,456	0,024
2004	161 891	267,1	0,512	0,027
2005	157 788	260,4	0,499	0,027
2006	147 775	243,8	0,468	0,025
2007	134 878	222,5	0,427	0,023
2008	154 573	255,0	0,489	0,026
2009	140 995	232,6	0,446	0,024
2010	140 995	232,6	0,446	0,024
2011	140 995	232,6	0,446	0,024

Les données fournie pour 2009 ont été présumées constantes pour 2010 et 2011.

Calcul des émissions de CO_2 : Les émissions sont calculées à l›échelle provinciale en multipliant la quantité de déchets incinérés par les coefficients d'émission applicables.

Équation A3–91:

$$CO_{2(x)} = CE_{CO_2\text{-}1992} \times \left(M_{Inc(x)/province}\right)$$

où :

$CO_{2(x)}$	=	émissions de CO_2 attribuables à l'incinération des déchets durant une année x, t/province par année
CE_{CO_2-1992}	=	coefficient d'émission de CO_2 provincial en 1992 pour l'incinération des déchets, t CO_2/t de déchets incinérés
$M_{Inc(x)/province}$	=	masse de déchets incinérés par province dans une année x, t/an

Incinération des déchets dangereux

Les émissions de CO_2 ont été estimées à l'aide des données sur les activités fournies directement par les installations qui s'occupent de l'incinération de déchets dangereux au Canada dans le cadre d'une série d'enquêtes successives effectuées en 2006, 2008 et 2010 (Environnement Canada, 2010). Les quantités de déchets et les émissions correspondantes à l'échelle nationale sont présentées au Tableau A3–57.

Ces quantités de déchets incinérés comprennent les substrats contaminés comme les sols, le bois, les métaux ainsi que d'autres matériaux; ces valeurs sont, par conséquent, très prudentes. Les quantités de déchets dangereux comprennent aussi les déchets inorganiques, comme les solutions aqueuses contenant des métaux lourds, ou ceux qui contiennent relativement peu de carbone d'origine fossile, comme les uréthanes à base aqueuse, par opposition aux déchets d'uréthanes à base de solvants.

Pour l'estimation du CO_2, on a utilisé les valeurs par défaut tirées des recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques, soit la teneur en carbone (50 %) et le carbone fossile sous forme de pourcentage du carbone total (90 %). En l'absence de valeurs par défaut du GIEC pour les coefficients d'émission de N_2O et de CH_4, on a obtenu les coefficients d'émission en se basant sur les valeurs d'une installation d'incinération de déchets dangereux qui a fourni des données sur les émissions totales établies à partir de mesures directes des émissions

de N_2O et de CH_4 pour l'année 2007. Le site en question avait incinéré 177 tonnes de déchets dangereux et rejeté 0,03 tonne de CH_4 et 0,56 tonne de N_2O en 2007. On a ainsi calculé que les coefficients d'émission étaient de 0,0001695 t CH_4 /t PH et de 0,003164 t N_2O/t PH.

A3.5.4.2. Sources de données

La quantité de DSM incinérés en 1992 a été estimée par la Direction des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). Quant à la quantité de DSM incinérés durant les années 1999, 2000 et 2001, elle a été estimée à partir d'une étude menée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003b).

La quantité de carbone à base de combustibles fossiles disponible dans les déchets incinérés est déterminée à l'aide des constantes caractéristiques du carbone en pourcentage du poids total. Les constantes du carbone et la teneur en humidité proviennent de Tchobanoglous *et al.* (1993) et de Peavy *et al.* (1985).

Les données sur les activités d'incinération de déchets dangereux ont été obtenues directement des installations. Les enquêtes ont été menées par Environnement Canada en 2006, 2008 et 2010 (Environnement Canada, 2010).

A3.5.5. Émissions de N_2O attribuables à l'incinération des déchets

A3.5.5.1. Méthodologie

Incinération des déchets solides municipaux

Les émissions de N_2O attribuables à l'incinération des DSM sont estimées en présumant que les cinq coefficients relatifs aux incinérateurs déterminés par le GIEC sont les plus représentatifs. Le coefficient d'émission de N_2O moyen pour la gamme définie comme étant les valeurs par défaut pour les cinq incinérateurs de DSM est de 0,148 kg/t de déchets incinérés (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Pour estimer les émissions, on multiplie le coefficient ainsi calculé par la quantité de déchets incinérés dans chaque province. On détermine ensuite les valeurs des émissions nationales en faisant la somme de ces émissions pour l'ensemble des provinces.

Équation A3–92:

$$N_2O_{MSW} = M_{MSW} \times CE_{N_2O-MSW}$$

où :

N_2O_{MSW}	=	N_2O emissions from municipal solid waste incineration, t/year
M_{MSW}	=	mass of municipal solid waste incinerated, t/year
CE_{N_2O-MSW}	=	MSW N_2O emission factor (0.148 kg N_2O/t MSW incinerated / 1000 kg/t)

Incinération des boues d'épuration

Les émissions de N_2O attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont estimées à l'aide du coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les lits fluidisés, soit 0,8 kg/t de boues d'épuration séchées incinérées (GIEC, 2000). Pour estimer les émissions, on multiplie le coefficient ainsi calculé par la quantité de déchets incinérés dans chaque province. On détermine ensuite les valeurs des émissions nationales en faisant la somme de ces émissions pour l'ensemble des provinces.

Équation A3–93:

$$N_2O_{SS} = M_{SS} \times CE_{N_2O-SS}$$

où :

N_2O_{SS}	=	émissions de N_2O attribuables à l'incinération des boues d'épuration, t/an
M_{SS}	=	masse des boues d'épuration séchées incinérées, t/an
CE_{N2O-SS}	=	coefficient d'émission de N_2O des boues d'épuration (0,8 kg N_2O/t de boues sèches incinérées/1 000 kg/t)

Incinération de déchets dangereux

Se reporter à la section A3.5.4.1.

Sources de données

Les sources de données sur l'incinération des DSM sont énumérées à la section A3.5.4.2.

Les émissions de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 sont fondées sur une étude menée en 1994. Les données relatives aux années 1993-1996 ont été obtenues au moyen de sondages téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration (Environnement Can-

ada, 1997). Les données relatives aux années 1997 et 1998 sont fondées sur une étude menée par Compass Environmental Inc. pour le compte d'EC (1999). Les données sur les activités des années 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (2003b).

Les données sur les activités d'incinération de déchets dangereux ont été obtenues directement des installations. Les enquêtes ont été menées par Environnement Canada en 2006, 2008 et 2010 (Environnement Canada, 2010).

A3.5.6. Émissions de CH_4 attribuables à l'incinération des déchets

A3.5.6.1. Méthodologie

Incinération de DSM

Il est présumé que les émissions de CH_4 attribuables à l'incinération de DSM sont négligeables, comme le laissent entendre les résultats d'une récente étude commandée par Environnement Canada (CRA, 2011). Cependant, l'incinération des biosolides découlant du traitement des eaux usées municipales produit, elle, des émissions de CH_4. Le GIEC ne propose aucune méthode pour calculer les émissions de CH_4 résultant de l›incinération des déchets, mais recommande que les experts nationaux emploient des méthodes existantes ayant fait l›objet de publication (GIEC, 2000).

Les émissions de CH_4 sont estimées en prenant pour base des coefficients d'émission publiés par l'EPA (EPA, 1995). Les coefficients d'émission sont établis à 1,6 t/kt de solides séchés totaux pour les incinérateurs de déchets à lit fluidisé et à 3,2 t/kt de solides séchés pour les incinérateurs à soles étagées, ces deux types d'incinérateurs étant équipés d'épurateurs de type Venturi. On présume que tous les incinérateurs sont du type à lit fluidisé.

Les émissions de CH_4 attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont fonction de la quantité de solides séchés incinérés. Pour calculer les émissions de CH_4, la quantité de solides séchés incinérés est multipliée par un coefficient d'émission approprié. Les émissions de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 sont fondées sur une étude menée en 1994 (Environnement Canada, 1994b). Les données relatives aux années 1993-1996 ont été obtenues au moyen de sondages téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration (Environnement Canada 1997). Les données relatives aux années 1997 et 1998 sont fondées sur une étude menée par Compass Environmental Inc. pour le compte d'Environnement Canada (1999). Les données sur les activités des années 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (2003b). Pour estimer la quantité de boues d'épuration incinérées de 2002 à 2011, on a effectué une analyse de régression linéaire à l'aide des valeurs d'incinération de DSM établies par A.J. Chandler & Associates Ltd. et Compass Environmental Inc.

Vu le nombre relativement restreint d'installations qui incinèrent des boues d'épuration au Canada, nous croyons que toutes les installations concernées ont été jointes et nous nous attendons à ce que les données sur les activités recueillies auprès des trois sources d'information soient complètes. Cela étant, la méthode que nous avons suivie pour estimer la quantité de boues d'épuration incinérées au cours des années de la série chronologique est uniforme.

Les estimations concernant l'incinération des boues d'épuration pour la période de 1990 à 2011 sont présentées au Tableau A3–58.

Les émissions de CH_4 sont calculées comme suit :

Équation A3–94:

$$CH_{4(s)} = S_{Inc} \times CE_{CH_4\text{-}FB}$$

où :

$CH_{4(s)}$	=	émissions de CH_4 attribuables à l'incinération de déchets, t/an
S_{Inc}	=	boues d'épuration séchées incinérées t/an
$CE_{CH4\text{-}FB}$	=	coefficient d'émission de CH_4 pour les incinérateurs à lit fluidisé : 1,6 t CH_4/ kt de boues d'épuration incinérées/ 1 000 kg/t

Incinération de déchets dangereux

Se reporter à la section A3.5.4.1.

A3.5.6.2. Sources de données

Les émissions de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 sont fondées sur une étude menée en 1994. Les données relatives aux années 1993-1996 ont été obtenues au moyen de sondages téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration (Environnement Canada, 1997). Les données relatives aux années 1997 et 1998 sont fondées sur une étude menée par Compass Environmental Inc. pour le compte d'EC (1999). Les données sur les activités des années 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (2003b).

Les données sur les activités d'incinération de déchets dangereux ont été obtenues directement des installations. Les enquêtes ont été menées par Environnement Canada en 2006, 2008 et 2010 (Environnement Canada, 2010).

Tableau A3–58 Estimation de la quantité de boues d'épuration incinérées de 1990 à 2011

	Boues d'épuration incinérées (t, poids sec)				
Année	QC	ON	SK	AB	Total national
1990	49 200	222 795	1 840	0	273 835
1991	59 400	222 795	1 840	0	284 035
1992	79 800	222 795	1 840	0	304 435
1993	64 833	129 125	71	0	194 029
1994	100 181	93 072	59	0	193 311
1995	101 356	113 985	152	0	215 493
1996	93 276	112 697	70	0	206 043
1997	15 424	0	0	4 885	20 310
1998	18 341	0	0	4 951	23 292
1999	22 032	0	0	0	22 032
2000	24 651	0	0	0	24 651
2001	27 960	0	0	0	27 960
2002	31 096	0	0	0	31 096
2003	34 234	0	0	0	34 234
2004	37 373	0	0	0	37 373
2005	40 511	0	0	0	40 511
2006	43 649	0	0	0	43 649
2007	46 787	0	0	0	46 787
2008	49 925	0	0	0	49 925
2009	53 064	0	0	0	53 064
2010	56 202	0	0	0	56 202
2011	59 340	0	0	0	59 340

Note:
On observe un changement radical de la quantité de boues d'épuration incinérées en Ontario entre 1996 et 1997. C'est attribuable à deux projets pilotes qui ont été approuvés au milieu des années 1990 pour l'élimination de déchets non incinérables de boues d'épuration. Le premier projet consistait à épandre les boues d'épuration traitées sur les champs d'agriculteurs à l'extérieur de Toronto, et le second à transporter les boues d'épuration en vue de les épandre sur des résidus miniers. Les deux projets se sont toutefois heurtés à des difficultés, en raison de problèmes d'odeur et de la quantité considérable de déchets qu'il fallait épandre dans les champs. À Toronto, de 1996 à 2000, les boues étaient stockées durant les périodes où il était impossible d'épandre les déchets excédentaires sur des terres. En 2001, dans le cadre d'un nouveau contrat, on a épandu des biosolides dans des champs d'agriculteurs de l'Ontario, et les biosolides excédentaires ont été acheminés vers des décharges situées aux ÉtatsUnis.

Annexe 4

Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence

La présente annexe traite des résultats du calcul de l'énergie et des émissions de CO_2 obtenus par la méthode de référence (MR), comparativement 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.

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 dans le cadre d'une vérification de l'énergie consommée et des émissions de CO_2 provenant de la combustion de combustibles fossiles. La procédure, effectuée pour toutes les années de 1990 à 2011, fait partie intégrante du

Tableau A4–1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada (1990-2000)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Comparaison globale de l'énergie											
Valeur de la méthode de référence (PJ)	6793	6588	6802	6840	7083	7265	7514	7655	7760	8019	8337
Valeur de la méthode sectorielle (PJ)	6387	6232	6471	6481	6707	6863	7054	7194	7283	7571	7924
Pourcentage (%) de différence non rajusté	6.4	5.7	5.1	5.5	5.6	5.9	6.5	6.4	6.6	5.9	5.2
Valeurs de la méthode de référence ajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières (PJ)	6297	6091	6298	6306	6538	6692	6898	7012	7130	7392	7743
Pourcentage de différence rajusté - 100 % x (MR-MS)/MS	**-1,41**	**-2,26**	**-2,67**	**-2,70**	**-2,52**	**-2,49**	**-2,20**	**-2,54**	**-2,10**	**-2,36**	**-2,29**
Utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières											
Utilisation non énergétique de combustibles gazeux (PJ)	159	181	177	201	208	210	223	226	222	213	190
Utilisation non énergétique de combustibles liquides (PJ)	328	308	319	324	328	353	382	406	397	404	392
Utilisation non énergétique de combustibles solides (PJ)	9	8	8	9	9	10	11	11	11	10	12
Comparaison globale des émissions											
Valeur de la méthode de référence (Gg CO_2)	418000	405480	416980	415661	429421	440682	454130	464189	473358	487963	511966
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO_2)	413902	404141	417877	414998	427630	438535	449909	461992	469081	485572	508576
Pourcentage de différence (%)	0,99	0,33	-0,21	0,16	0,42	0,49	0,94	0,48	0,91	0,49	0,67
Combustibles liquides											
Valeur de la méthode de référence (Gg CO_2)	209274	193596	193680	197621	203966	204350	211278	217279	221124	223995	227080
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO_2)	199046	186429	189140	190948	195577	197365	201538	208560	213038	215686	218523
Pourcentage de différence (%)	5,14	3,84	2,40	3,49	4,29	3,54	4,83	4,18	3,80	3,85	3,92
Combustibles solides											
Reference Approach (Gg CO_2)	83125	87721	89994	82680	86323	89368	90425	96934	103290	103513	112936
Sectoral Approach (Gg CO_2)	85870	89073	91576	83940	88287	89698	91629	98706	104327	104486	113529
Percentage Difference (%)	-3,20	-1,52	-1,73	-1,50	-2,22	-0,37	-1,31	-1,80	-0,99	-0,93	-0,52
Combustibles gazeux											
Valeur de la méthode de référence (Gg CO_2)	125479	124024	133150	135188	138782	146682	152140	149836	148731	160241	171705
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO_2)	128864	128500	137006	139938	143416	151191	156456	154587	151502	165187	176279
Pourcentage de différence (%)	-2,63	-3,48	-2,81	-3,39	-3,23	-2,98	-2,76	-3,07	-1,83	-2,99	-2,59

Tableau A4-1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada (2001–2011)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Comparaison globale de l'énergie											
Valeur de la méthode de référence (PJ)	8255	8381	8702	8630	8526	8265	8798	8632	8181	8428	8499
Valeur de la méthode sectorielle (PJ)	7836	7985	8223	8151	8093	7942	8329	8128	7778	7952	8069
Pourcentage (%) de différence non rajusté	5,3	5,0	5,8	5,9	5,4	4,1	5,6	6,2	5,2	6,0	5,3
Valeurs de la méthode de référence ajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières (PJ)	7635	7769	8062	7852	7855	7553	8108	7978	7558	7704	7751
Pourcentage de différence rajusté - 100 % x (MR-MS)/MS	**-2,57**	**-2,70**	**-1,96**	**-3,67**	**-2,94**	**-4,90**	**-2,65**	**-1,85**	**-2,83**	**-3,12**	**-3,94**
Utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières											
Utilisation non énergétique de combustibles gazeux (PJ)	230	203	222	240	201	211	194	166	176	161	197
Utilisation non énergétique de combustibles liquides (PJ)	381	399	407	520	421	449	446	448	413	534	522
Utilisation non énergétique de combustibles solides (PJ)	10	10	10	18	49	51	49	40	34	30	29
Comparaison globale des émissions											
Valeur de la méthode de référence (Gg CO_2)	507944	512880	533384	523923	521645	510415	535606	523086	491138	499319	499788
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO_2)	504261	510312	525251	521119	516510	505696	529900	513829	486762	496029	496448
Pourcentage de différence (%)	0,73	0,50	1,55	0,54	0,99	0,93	1,08	1,80	0,90	0,66	0,67
Combustibles liquides											
Valeur de la méthode de référence (Gg CO_2)	230797	229560	248786	249575	247813	242842	251302	244094	238247	239257	239388
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO_2)	221728	223649	238246	244729	241146	237792	245190	235905	231483	234812	235376
Pourcentage de différence (%)	4,09	2,64	4,42	1,98	2,76	2,12	2,49	3,47	2,92	1,89	1,70
Combustibles solides											
Reference Approach (Gg CO_2)	110711	108748	107576	100564	102186	98986	104598	99412	81614	83334	73155
Sectoral Approach (Gg CO_2)	111889	109545	108450	101320	102608	98626	103579	98287	82534	83245	72383
Percentage Difference (%)	-1,05	-0,73	-0,81	-0,75	-0,41	0,37	0,98	1,14	-1,12	0,11	1,07
Combustibles gazeux											
Valeur de la méthode de référence (Gg CO_2)	166201	174201	176660	173386	171358	168275	179279	179149	170949	176390	186907
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO_2)	170407	176747	178191	174671	172469	168966	180704	179207	172417	177635	188351
Pourcentage de différence (%)	-2,47	-1,44	-0,86	-0,74	-0,64	-0,41	-0,79	-0,03	-0,85	-0,70	-0,77

rapport présenté aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La comparaison directe des résultats de la MR avec ceux de la MS fait ressortir quelques écarts considérables, étant donné que, dans la MS, le total des émissions et de l'énergie associées à la combustion de combustibles fossiles n'inclut pas le CO_2 provenant des utilisations non énergétiques des combustibles et des matières premières, tel que présenté au Tableau A4–1. La comparaison directe des résultats de la MR et de la MS montre un écart de 5,1 à 6,5 % dans l'énergie.

Au Canada, on utilise de grandes quantités de combustibles fossiles comme matière première dans l'industrie. Étant donné que les émissions nettes de carbone établies par la MR sont calculées d'après une approche descendante basée sur des données relatives à la production, l'exportation, l'importation, aux changements des stocks de carbone et au carbone stocké, ces valeurs comprendront également les émissions de carbone des matières premieres. Ainsi, on exclura les émissions de sources autres que la combustion liée à l'énergie afin de s'assurer que la MR et la MS comparent des sources similaires pour la Canada. Lorsqu'on inclut des ajustements pour la quantité d'énergie établie par la MR pour l'utilisation de combustibles fossiles à des fins non énergétiques, la différence entre la MS et la MR rajustée varie de -1,41 to -4,90 %, tandis que la différence moyenne est de -2,67 %. La comparaison des émissions estimées par la MR et la MS montre une variation de -0,21 à 1,80%. La comparaison des résultats obtenus avec la MR rajustée et la MS est présentée au Tableau A4–1.

A4.2. Méthode de référence

La MR suit les lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) version révisé 1996 et utilise les facteurs de conversion énergétique propres à chaque pays (en pouvoir calorifique supérieur [PCS]) et les coefficients d'émission. Au Canada, comme aux États-Unis, on se sert du PCS pour enregistrer la teneur énergétique des combustibles. Les quantités de combustibles tirées du Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (BDEEC) et du Guide statistique de l'énergie (2010) sont déclarées en unités physiques, sauf pour le combustible de soute international. Une analyse des données sur le combustible de soute international est présentée dans les sections suivantes : 3.4.1 Combustibles de soute internationaux, A2.4.2.3 Aviation civile (transport aérien intérieur) et A2.4.2.4 Transport maritime. Pour les combustibles primaires (pétrole brut, 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, et elles ont été transformées pour d'autres combustibles afin de déterminer la consommation apparente du combustible. Les données de changement des stocks de combustibles secondaires tiennent compte des importations, des exportations, des combustibles de soute internationaux, des variations des stocks, des utilisations non énergétiques et d'autres ajustements.

Une fois la consommation apparente établie, on applique les facteurs de conversion énergétique et les coefficients d'émission de carbone propres au pays pour calculer la teneur en carbone et les émissions. Ces facteurs sont tirés de quatre sources : le rapport annuel de Statistique Canada sur l'offre et la demande d'énergie (BDEEC, nº 57-003 au catalogue), les documents *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990* (Jaques, 1992) et *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), de Jaques (1992) et de GIEC/OCDE/AIE (1997).

Le Tableau A4–2 présente les coefficients d'émission, les facteurs de conversion énergétique et la valeur d'oxydation utilisés dans la MR. Les facteurs de conver-

Tableau A4–2 Facteurs de conversion de l'énergie et coefficients d'émission applicables au Canada selon l'approche de référence

Types de combustible			Facteur de conversion énergétique, GCV			Coefficient d'émission de carbone (t C/TJ GCV) - valeur 2011	Référence	Facteurs d'oxydation (valeur par défaut du GIEC)	Commentaires
			Valeur 2011	Unité	Référence				
Fossile liquide	**Combustibles primaires**	Pétrole brut	39,13	TJ/ML	Voir les commentaires	19,26	Voir les commentaires	0,99	Les facteurs de conversion énergétiques et les coefficients d'émissions pondérés sont propres au pays
		Orimulsion	s.o.	–	–	s.o.	–	0,99	
		Liquides de gaz naturel	IA	–	–	IA	–	–	1) Éthane provenant de liquides de gaz naturel mentionnés dans la catégorie des combustibles gazeux. 2) Le butane et le propane ont été inscrits dans la catégorie des combustibles fossiles liquides et gazeux dépendamment de leur provenance.
	Combustibles secondaires	Bitume	44,46	TJ/ML	4	21,11	3	0,99	Utilisation d'asphalte.
		Butane	28,44	TJ/GL	4	16,67	2	0,995	Butane des raffineries.
		Gaz-oil ou carburant diesel	38,3	TJ/ML	4	18,86	2	0,99	Utilisation de carburant diesel.
		Essence	35	TJ/ML	4	17,84	2	0,99	
		Kérosène (avion à réaction)	37,4	TJ/ML	4	18,67	2	0,99	Utilisation de combustible pour moteur à réaction.

Table A4-2 Facteurs de conversion de l'énergie et coefficients d'émission applicables au Canada selon l'approche de référence (continué)

Types de combustible			Facteur de conversion énergétique, GCV			Coefficient d'émission de carbone (t C/TJ GCV) - valeur 2011	Référence	Facteurs d'oxydation (valeur par défaut du GIEC)	Commentaires
			Valeur 2011	Unité	Référence				
Fossile liquide (continué)	**Combustibles secondaires** (continué)	Kérosène (autre)	37,68	TJ/ML	4	18,53	2	0,99	
		GPL	25,31	TJ/GL	4	16,35	2	0,99	Le propane et le butane des raffineries sont inclus dans la catégorie Fossile gazeux.
		Lubrifiants	39,16	TJ/ML	4	19,66	3	0,99	
		Naphte	35,17	TJ/ML	4	19,33	3	0,99	
		Pétrole (autre)	38,8	TJ/ML	4	19,15	2	0,99	Utilisation de mazout léger.
		Coke de pêtrole – Raffineurs et valorisateurs	44,11	TJ/ML	4	22,81	4	0,99	Réinscrit dans la catégorie des combustibles fossiles pour le rapport de 2013. 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).
		Propane	25,31	TJ/GL	4	16,35	2	0,995	Propane de raffinerie.
		Matières premières pour raffineries	35,17	TJ/ML	4	19,33	3	0,99	Utilisation de matières premières pétrochimiques dans les procédés industriels.
		Mazout résiduaire	42,5	TJ/ML	4	20,07	2	0,99	Utilisation de mazout lourd.
		Huile de schiste	s.o.	–	–	s.o.	–	–	
		Gaz de distillation – Gaz combustible de raffineries et d'usines de valorisation	39.42	TJ/ML	4	12.81	4	0.99	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 aviation	33,52	TJ/ML	4	19,25	3	0,99	
		Autres matières premières	39,82	TJ/ML	4	19,84	3	0,99	
Fossile solide	**Combustibles primaires**	Anthracite	27,7	TJ/kt	4	23,5	3	0,99	
		Autre charbon bitumineux	26,9	TJ/kt	4	22,2	5	0,99	Utilisation de charbon bitumineux canadien.
		Charbon subbitumineux	19,15	TJ/kt	4	24,84	5	0,99	
		Lignite	15	TJ/kt	4	26,36	5	0,99	
		Pyroschiste	s.o.	–	–	s.o.	–	–	
		Tourbe	s.o.	–	–	s.o.	–	–	
	Combustibles secondaires	Coke	28,83	TJ/kt	4	23,69	2	0,99	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	–	Inclus auparavant dans la catégorie Fossile gazeux.

Table A4-2 Facteurs de conversion de l'énergie et coefficients d'émission applicables au Canada selon l'approche de référence (continué)

Types de combustible			Facteur de conversion énergétique, GCV			Coefficient d'émission de carbone (t C/TJ GCV) - valeur 2011	Référence	Facteurs d'oxydation (valeur par défaut du GIEC)	Commentaires
			Valeur 2011	Unité	Référence				
Fossile solide (continué)	**Autres combustibles solides**	Charbon bitumineux étranger	29,82	TJ/kt	4	23,24	5	0,99	
Fossile gazeux	**Combustibles primaires**	Gaz naturel	38,46	TJ/GL	4	13,84	2	0,995	Coefficients d'émission pondérés propres au pays basés sur la proportion de gaz naturel commercialisable et non commercialisable.
	Autres combustibles gazeux	Éthane	17,22	TJ/GL	4	15,46	2	0,995	Tout l'éthane disponible est consumé comme matière première lors de procédés industriels.
		Propane	25,31	TJ/ML	4	16,35	2	0,995	Propane provenant de liquides de gaz naturel.
		Butane	28,44	TJ/ML	4	16,67	2	0,995	Butane provenant de liquides de gaz naturel.
Biomasse		Biomasse solide	18	TJ/kt	4	28,41	3	0,99	1) Se compose de la consommation industrielle et résidentielle de biomasse. 2) Oxydation présumée de 99 %.
		Biomasse liquide	16,18	TJ/kt	4	18,8	3	0,955	1) Se compose de liqueurs résiduaires, d'éthanol et de biodiesel. 2) Coefficient d'oxydation pondéré d'environ 95%.
		Biomasse gazeuse	39,82	TJ/GL	1	14,97	1	0,99	1) Se compose de gaz d'enfouissement. 2) Coefficient d'oxydation présumé de 99 %.

Références : (1) GIEC/OCDE/AIE (1997); (2) McCann (2000); (3) Jaques (1992); (4) Statistique Canada, numéro 57-003 (données de 2003); (5) Étude d'EC sur le charbon. s.o. = sans objet; BC = briquettes de charbon; LGN = liquide de gaz naturel; GPL = gaz de pétrole liquéfiés; IA = inclus ailleurs

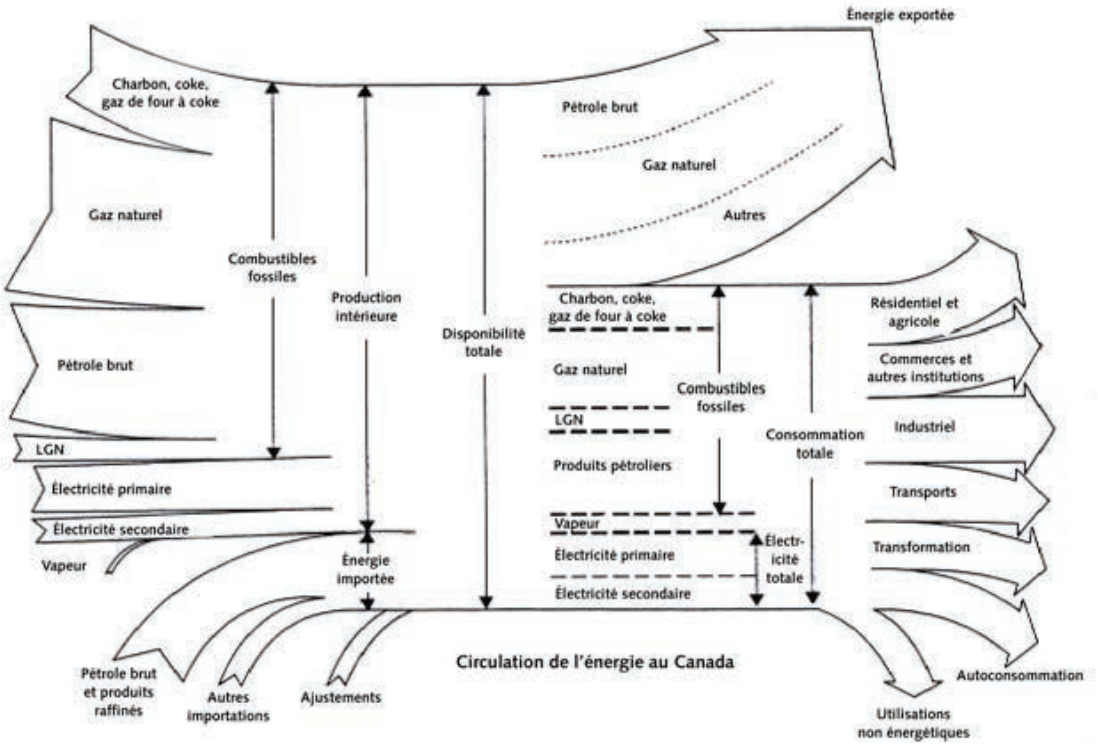
sion énergétique sont tirés directement du BDEEC, sauf pour le pétrole brut, le gaz naturel, le coke de pétrole et le gaz de distillation, dont les facteurs pondérés ont été élaborés pour tenir compte de la quantité et de la variation de la teneur énergétique au point de consommation, comme pour l'utilisation 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.

Pour rajuster la MR afin de la comparer à la MS, les utilisations non énergétiques de combustibles fossiles et de matières premières ainsi que le dioxyde de carbone émis correspondant doivent être calculés à partir des facteurs de stockage et des coefficients d'émission pour les procédés industriels, présentés à l'annexe 8 du présent rapport d'inventaire national.

A4.3. Bilan énergétique national

Statistique Canada fournit à Environnement Canada une grande partie des données sur les activités afin que le ministère puisse estimer les émissions de gaz à effet de serre pour les secteurs de l'énergie et des procédés industriels. La Division de la fabrication et de l'énergie (DFE) de Statistique Canada est responsable de recueillir et de compiler les données et de publier le bilan énergétique dans le BDEEC (n° 57-003). Cette division a pour objectif de

Figure A4–1 Schéma de circulation de l'énergie au Canada

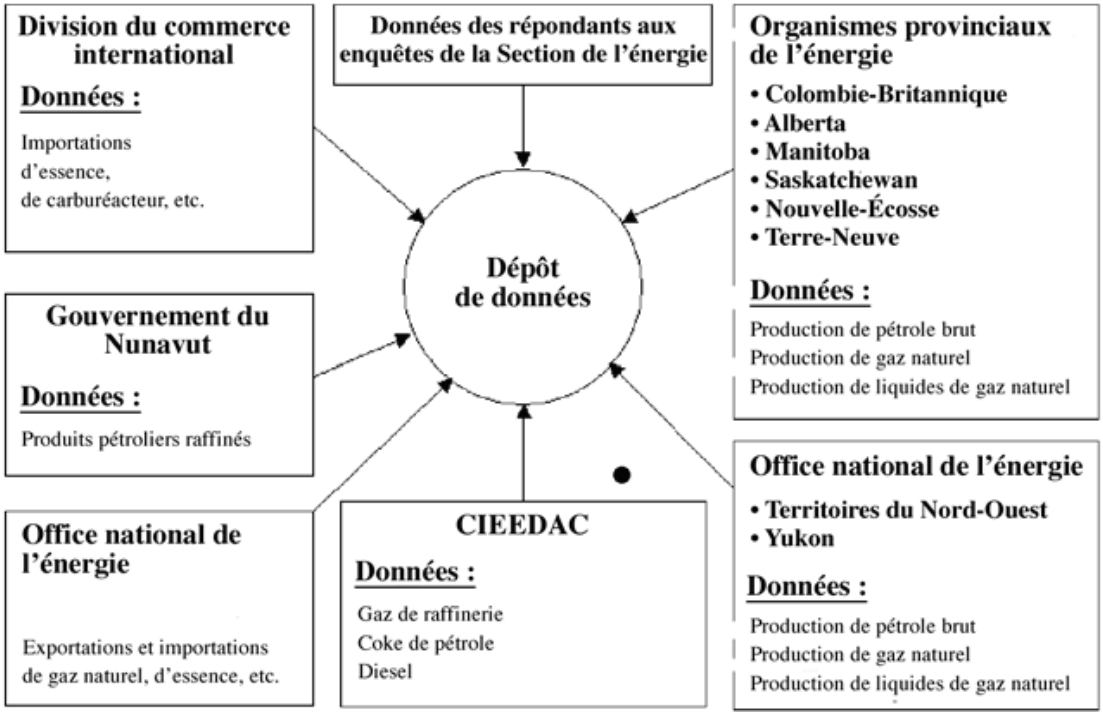


faire en sorte que l'information recueillie en vertu de la *Loi sur la statistique* et utilisée pour calculer le bilan énergétique respecte les critères de qualité suivants : exhaustivité, uniformité, cohérence et exactitude. Le système de gestion de la qualité du bilan énergétique inclut également un processus d'examen interne et externe. La DFE a établi un cadre d'assurance de la qualité et ses rapports méthodologiques sont accessibles dans la base intégrée de métadonnées de Statistique Canada.

Le bilan énergétique comptabilise toutes les formes d'énergie disponibles au Canada à partir des activités d'importation et d'exportation, et de la production et la consommation à l'échelon national (la Figure A4–1 montre un schéma de circulation de l'énergie). Les données sur l'énergie et les combustibles fossiles sont recueillies au moyen de diverses méthodes, comme des enquêtes annuelles ou mensuelles et certains relevés de l'industrie, d'organismes fédéraux (comme l'Office national de l'énergie, l'organisme albertain Energy Resources Conservation Board (ERCB) et l'Alberta Utilities Commissions (AUC), des ministères provinciaux responsables de l'énergie et du Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC). On trouvera à la Figure A4–2 un exemple des données d'entrée sur l'énergie et les combustibles fossiles transmises à la DFE et du type d'information fournie pour chaque source de données ou répondant. Les renseignements sur le pétrole et le gaz naturel qui sont transmis par l'ERCB sont extrêmement précis, car ils proviennent des permis d'exploitation pétrolière et gazière et des régimes de redevances fédéraux et provinciaux.

Il existe d'autres procédures de vérification interne de la qualité des données recueillies auprès des ministères provinciaux de l'Énergie et lors de diverses enquêtes réalisées sur la disponibilité, l'écoulement et la consommation. Par exemple, on compare la valeur des expéditions de pétrole brut déclarées par le producteur aux arrivages des compagnies de pipeline; les renseignements déclarés par celles-ci sont ensuite comparés aux quantités reçues par les raffineries. La DFE combine une méthode descendante basée sur les enquêtes sur la disponibilité et l'écoulement avec une méthode ascendante basée sur l'enquête sur la consommation industrielle d'énergie, pour vérifier la qualité des données du secteur manufacturier, y compris l'industrie du raffinage du pétrole et pour l'utiliser directement lors de la compilation du bilan énergétique. En outre, on recueille des renseignements techniques sur les caractéristiques énergétiques afin de vérifier les quantités

Figure A4–2 Apports de données sur les combustibles fossiles et l'énergie



de combustible déclarées en unités physiques et énergétiques.

Un sondage annuel auprès des distributeurs secondaires de produits pétroliers raffinés est maintenant utilisé par Statistique Canada afin de gérer la déréglementation de la vente de ces produits comme la gazoline, le diesel, le pétrole lourd et le pétrole léger. L'information recueillie lors du sondage sert à réaffecter les combustibles dans les secteurs où ils sont consommés.

Le bilan énergétique se compose de 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, comme les transports et les secteurs résidentiel et commercial.

Les données sur la consommation de produits énergétiques par l'industrie et le bilan énergétique sont utilisées par divers ministères fédéraux dans le cadre de programmes sur l'efficacité énergétique et pour la formulation de politiques, la rédaction des rapports soumis à l'Agence internationale de l'énergie, la prévision des émissions et de la consommation d'énergie et les déclarations présentées aux termes de la CCNUCC. À cet effet, la DFE a établi des partenariats avec divers ministères fédéraux, des ministères provinciaux de l'énergie, des associations industrielles et des centres d'excellence afin de contribuer à leurs processus d'assurance de la qualité.

Ainsi, un examen des « travaux en cours » a été mis sur pied en collaboration avec Environnement Canada et Ressources naturelles Canada afin d'examiner les estimations relatives à la consommation d'énergie par l'industrie et le bilan énergétique avant leur publication officielle. Des représentants de l'industrie canadienne participent également à l'examen des données sur l'industrie au sein 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 (CIEEDAC), quant à lui, prend part à l'examen des données des raffineries et des statistiques sur l'énergie de l'industrie.

En raison de la complexité des données sur l'énergie, un groupe de travail sur les statistiques énergétiques a été constitué afin de fournir conseils, orientation et recommandations. Formé de spécialistes de Statistique Canada, d'Environnement Canada, d'Industrie Canada, de Trans-

ports Canada, d'Affaires étrangères Canada et de Ressources naturelles Canada, ce groupe est chargé de repérer et de régler les problèmes de collecte d'un ensemble complet de données sur l'énergie pour divers secteurs économiques, et d'améliorer les statistiques actuelles sur l'énergie.

Annexe 5

Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire

Même si ce rapport d'inventaire sert à évaluer en détail les émissions et absorptions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) au Canada, certaines catégories n'y ont pas été incluses ou ont été ajoutées à d'autres pour des raisons expliquées dans le CUPR et dans la présente annexe.

A5.1. Énergie

Dans l'ensemble, le secteur de l'énergie de l'inventaire national présente une estimation complète de toutes les grandes sources.

A5.2. Procédés industriels

Dans l'ensemble, le secteur des procédés industriels de l'inventaire national présente une évaluation détaillée de toutes les principales sources. Les sous-sections suivantes concernent des sources qui ne sont pas estimées actuellement ou pour lesquelles les estimations sont incluses dans d'autres sources. On présume cependant que les sources qui ne sont pas estimées sont faibles et n'affectent pas l'exhaustivité d'ensemble de l'inventaire des GES.

A5.2.1. Produits minéraux

Les émissions de CO_2 provenant du papier de couverture asphalté et de l'asphaltage des routes ne sont pas estimées, car il n'existe actuellement pas de données propres au pays les concernant. Toutefois, selon le chapitre 5 des Lignes directrices du GIEC de 2006 (vol. 3), les émissions de CO_2 des sources de cette catégorie sont considérées comme négligeables.

Les émissions de CO_2 issues de l'utilisation de calcaire, de dolomite et de carbonate de sodium sont comptabilisées dans les catégories de source 2.A.3, Utilisation de calcaire et de dolomite, et 2.A.4, Production et utilisation de carbonate de sodium. Les émissions résultant de l'utilisation de carbonate de sodium pour la production de verre sont comptabilisées dans la catégorie 2.A.4. Les autres utilisations de ces minéraux qui ne sont pas incluses dans les catégories 2.A.3 et 2.A.4 ne sont pas estimées et sont considérées comme étant minimes selon le chapitre 2 des Lignes directrices du GIEC de 2006 (vol. 3).

Au Canada, on a produit du carbonate de sodium jusqu'en 2001. Le procédé Solvay, qui servait à fabriquer ce produit, dégage une certaine quantité de CO_2, mais puisqu'il est également un composant nécessaire aux réactions, il est essentiellement récupéré et réutilisé. Par conséquent, la quantité de CO_2 récupéré est incluse dans l'inventaire de cette année pour les années 1990 à 2001, mais la quantité nette de CO_2 (émis) non récupéré issue de la fabrication de carbonate de sodium n'est pas estimée et elle est considérée comme étant minime.

A5.2.2. Production chimique

Les émissions de N_2O associées à la production de produits chimiques autres que l'acide nitrique, l'acide adipique et l'éthylène n'ont pas été estimées (NE). Selon une étude récente (Cheminfo Services, 2010), la production de substances chimiques, comme l'ammoniac et le méthanol, n'est pas une source importante d'émissions de N_2O (c.-à-d. pas plus de 10 kt d'éq. CO_2 par année).

Les émissions de CO_2 issues des procédés de fabrication d'acide adipique ne sont pas répertoriées (c.-à-d. non estimées) et sont considérées comme négligeables par rapport à la quantité de CO_2 produite par la combustion de carburant[1].

A5.2.3. Production de métaux

Les émissions de CH_4 issues des procédés associés à la production de métaux sont actuellement « incluses ailleurs », dans le cas de la production sidérurgique, et « non estimées » pour le reste du sous-secteur de la production de métaux. Une étude récente (Cheminfo Services, 2010) a permis de déterminer que la contribution des émissions estimées de CH_4 et de N_2O aux émissions totales de GES issues des procédés, dans la catégorie de la sidérurgie, était d'environ 1 %. Les émissions de CH_4 et de N_2O prov-

1 Lauridsen S. 2005. Communication personnelle (courriel daté du 3 novembre 2005). Invista Canada.

enant de l'utilisation de coke de charbon comme agent réducteur dans la production sidérurgique sont allouées au secteur de l'énergie.

A5.2.4. Production et consommation d'halocarbures et de SF_6

On estime que les taux d'utilisation (et d'émission) de HFC et de PFC au Canada avant 1995 sont négligeables (« non estimés »). L'interdiction de produire et d'utiliser des chlorofluorocarbures (CFC) est entrée en vigueur en 1996, dans la foulée du Protocole de Montréal. Cette interdiction a entraîné l'adoption des perfluorocarbures (PFC) et des hydrofluorocarbures (HFC) comme produits de remplacement des CFC à partir de 1995. On ne dispose pas actuellement des données sur les PFC employés dans les aérosols; c'est pourquoi les émissions qui leur sont associées ne sont pas comptabilisées (c.-à-d. « non estimées »). L'industrie électronique émet aussi certains PFC, qui sont également pris en compte dans la catégorie 2.F.9 – Autres (Émissions ponctuelles et fugitives de l'industrie électronique).

Les émissions de HFC produites par les industries électroniques sont déclarées sous la catégorie 2.F.5 Solvants, et non sous 2.F.9 Autres (Émissions ponctuelles et fugitives de l'industrie électronique), dans le logiciel de déclaration du CUPR, car il est impossible ici de séparer la consommation de HFC comme solvants dans les industries électroniques des autres types d'usage de solvants. Les émissions de HFC issues du matériel électrique sont déclarées « inexistantes », parce qu'il n'y aurait aucun usage connu de ces HFC pour l'isolation thermique et le trempage à l'arc dans le matériel employé par l'industrie électrique.

Selon les représentants de l'industrie électrique, du CF_4 est utilisé dans la fabrication de certains équipements électriques d'extérieur. En fait, on le trouve dans des mélanges gazeux comprenant du SF_6, puisque le SF_6, utilisé seul, n'est pas efficace comme gaz d'isolation à de basses températures. Des discussions sont en cours avec l'industrie de façon à ce que des données sur l'utilisation et les émissions de CF_4 puissent être recueillies et présentées par Environnement Canada dans les prochains inventaires.

La mention NE (non estimées) est indiquée pour les émissions potentielles de SF_6 parce qu'on ne dispose pas, actuellement, d'information exhaustive sur les importations et les exportations de SF_6 en gros et comme constituant de produits. Selon les renseignements fournis par les grands distributeurs de gaz SF_6, le Canada n'exporte par de SF_6 en gros, et l'industrie électrique affirme que la destruction et le recyclage du SF_6 présent dans l'équipement électrique sont effectués aux États-Unis.

A5.2.5. Autres productions indifférenciées

On estime les émissions de CO_2 issues de l'utilisation des hydrocarbures à des fins non énergétiques (FNE) à l'aide de deux types de coefficients d'émission. Le premier type a été élaboré en convertissant uniquement la teneur nationale en carbone pour les types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques en coefficients d'émission de GES, alors que le second a été obtenu en combinant la teneur nationale en carbone et la proportion de carbone stocké par défaut du GIEC qui tiennent compte de la libération de carbone due à l'utilisation ou à la destruction des produits fabriqués à court terme uniquement. Les émissions de CO_2 provenant de la combustion des combustibles résiduaires provenant de l'utilisation des hydrocarbures à des FNE, doivent être mieux étudiées afin de comprendre dans quelle mesure les proportions de carbone stocké par défaut du GIEC représentent bien la quantité de carbone libéré par l'utilisation ou la destruction du produit à court terme (comparativement au long terme).

A5.3. Utilisation des solvants et d'autres produits

Dans ce secteur, seules les émissions de N_2O associées à des utilisations comme anesthésique et agent propulseur sont estimées. Les émissions de CO_2 issues de l'utilisation des solvants pour le nettoyage à sec, l'imprimerie, le dégraissage des pièces métalliques et diverses autres applications industrielles et domestiques sont incluses ailleurs, dans la catégorie 2.G (Autres procédés et procédés indifférenciés), dans laquelle on retrouve les émissions provenant de l'utilisation de produits de raffinerie (solvants). D'après une étude récente (Cheminfo Services, 2010), le N_2O n'est pas utilisé dans les extincteurs, parce que sa décomposition offre une source d'oxygène pour les matières inflammables qui alimentent le feu, au lieu de l'éteindre. Ainsi, les émissions de N_2O issues des extincteurs (catégorie 3.D.2 du CUPR) sont déclarées comme inexistantes.

A5.4. Agriculture

Dans l'ensemble, le secteur de l'agriculture de l'inventaire national donne une estimation complète de toutes les principales sources. La liste suivante inclut les sources qui ne sont pas estimées actuellement. On considère qu'il s'agit de sources mineures.

A5.4.1. Fermentation entérique et gestion des fumiers

Certaines catégories mineures d'animaux, comme le cerf d'élevage, le sanglier, l'élan, le lapin, l'autruche et les canards n'ont pas encore été incluses. On ne dispose pas de coefficients d'émission par défaut complets du GIEC ni de paramètres pour ces catégories dont les populations sont relativement petites. Il est indiqué que les mules, les ânes et les chameaux ne sont pas présents parce qu'il n'y a pas de production commerciale connue de ces animaux. À l'heure actuelle, il n'y a pas d'information disponible sur les systèmes de gestion du fumier et des déchets animaux dans des bassins anaérobies, l'épandage quotidien et le stockage solide par catégories de bétail. Ces systèmes de gestion du fumier sont considérés comme mineurs par les experts canadiens, en comparaison avec les systèmes liquides/le stockage du lisier et le stockage solide. On projette de recueillir des renseignements sur les systèmes de gestion du fumier, notamment sur la distribution des bassins anaérobies, l'épandage quotidien et le stockage solide, et de rendre publiques les émissions provenant de ces sources à moyen et à long terme.

A5.4.2. Brûlage dirigé de la savane

Le brûlage dirigé de la savane n'est pas une catégorie de déclaration pertinente pour le Canada.

A5.4.3. Riziculture

Les émissions de CH_4 provenant de la riziculture ne sont pas répertoriées, car il n'y a pas de production au Canada.

A5.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

L'exhaustivité de l'inventaire de la catégorie Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) s'est considérablement accrue à la suite d'importantes améliorations méthodologiques qui ont été effectuées pour le rapport de 2006; on peut donc mieux évaluer les réservoirs de carbone et disposer de données plus précises sur les activités. Les plages du degré d'incertitude sont fournies pour les estimations des catégories des terres forestières et des terres cultivées, et pour la conversion des forêts en d'autres catégories. Celles des autres catégories de terres sont en préparation.

A5.5.1. Terres forestières

Les estimations relatives aux terres forestières sont fournies à la fois pour celles dont la vocation n'a pas changé et pour les terres converties en terres forestières. Ces estimations englobent les changements dans le stock de carbone et les émissions provenant de tous les réservoirs (biomasse, matière organique morte et sol) dans les forêts aménagées; ces changements sont causés par la croissance et la mortalité, les incendies et les insectes, ainsi que par les activités d'aménagement. Les émissions de CO_2, CH_4, CO et N_2O sont estimées, contrairement à celles des NO_x. Le CO n'est dégagé que pendant la combustion de la biomasse; ces gaz sont répertoriés parmi les émissions de CO_2 dans les tableaux sur la combustion de la biomasse du CUPR. On tient pour acquis que les changements de la quantité de carbone stocké et les émissions déclarés pour les sols forestiers englobent les sols minéraux et organiques étant donné qu'on ne dispose pas directement de données propres aux sols organiques.

A5.5.2. Terres cultivées

Les estimations pour les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé englobent celles des sols et d'une partie de la biomasse. Les estimations pour les sols minéraux tiennent compte des grands changements d'aménagement des sols (diversité des cultures, travail du sol et jachère). D'autres pratiques comme l'irrigation, l'épandage de fumier et la fertilisation, qui ont également certains effets positifs sur le carbone organique du sol (COS), ne sont pas comptabilisées. Les estimations actuelles pour les terres converties en terres cultivées comprennent les émissions de CO_2 provenant de tous les réservoirs et les émissions de NO_2 attribuables à la conversion des forêts et des prairies en terres cultivées. Les émissions autres que le CO_2 (CH_4, CO, N_2O) provenant de la combustion de la biomasse lors de la conversion des terres sont également déclarées; les émissions de NO_x n'ont pas été estimées. Les émissions et

absorptions de GES provenant de la conversion des terres humides et des zones de peuplement en terres cultivées ne l'ont pas été non plus.

A5.5.3. Prairies

Les émissions de méthane et d'oxyde nitrique provenant du brûlage des pâturages demeurant des pâturages par le brûlage contrôlé et les feux de friches ne sont pas estimées à cause d'un manque de données d'activité. Grâce à la consultation d'experts, le Canada a progressé dans la collecte de données sur ces deux activités et planifie de déclarer les émissions de CH_4 et de CO_2 de ces sources dans un avenir rapproché. D'après les définitions des catégories de terres, les terres forestières ne peuvent être converties en prairies, et aucune terre agricole n'est actuellement convertie en prairie. Les émissions provenant de la conversion de terres humides en prairies n'ont pas été estimées.

A5.5.4. Terres humides

Les émissions de GES produites par les terres converties en terres inondées, les terres converties en tourbières (aménagées), ainsi que les tourbières (aménagées) dont la vocation n'a pas changé, ont été répertoriées, mais ne peuvent figurer séparément dans les tableaux du CUPR. Les émissions de CO_2 ont été estimées pour toutes les catégories; les estimations des autres gaz comme le CH_4, le CO et le N_2O associés à la combustion de la biomasse sont déclarées dans la catégorie des forêts converties en terres inondées. Les émissions de NO_x n'ont pas été estimées. Les terres cultivées et les prairies converties en terres humides n'ont pas été estimées, mais les émissions des terres converties en terres inondées incluraient celles provenant de la submersion des terres humides et des prairies (toundra) non aménagées qui sont déclarées sous la catégorie « Autres terres converties en terres humides ».

A5.5.5. Zones de peuplement

Les estimations actuelles applicables aux terres converties en zones de peuplement englobent la perte de forêt au profit de ces zones, ainsi que la conversion de la toundra en zones de peuplement dans le Nord canadien. Les émissions autres que le CO_2 (CH_4, CO et N_2O) ne sont déclarées que lorsque la combustion de la biomasse s'est produite pendant les activités de conversion. Les émissions de NO_x n'ont pas été estimées. Il en est de même quant aux émissions et absorptions provenant de la conversion de terres cultivées, de pâturages agricoles, de terres humides et d'autres terres en zones de peuplement. Les estimations de CO_2 correspondant aux zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé ne comprennent que la séquestration nette de carbone dans la biomasse aérienne des arbres de milieux urbains.

A5.6. Déchets

Cette catégorie est essentiellement complète, à l'exception des éléments suivants.

A5.6.1. Décharges de déchets solides non gérées

Afin de respecter le principe d'exhaustivité, les émissions provenant de décharges non gérées sont comptabilisées comme étant « incluses ailleurs ». En effet, les données associées aux décharges non gérées sont déjà incluses dans les données sur les décharges gérées. D'après l'évaluation d'Environnement Canada, le fait de séparer les quantités de déchets déposées dans les décharges non gérées des quantités déposées dans les décharges gérées aurait entraîné une augmentation de l'incertitude liée aux estimations des émissions provenant des décharges de déchets solides. Les quantités de déchets éliminées à l'échelle provinciale, desquelles sont dérivées les quantités de déchets déposées dans les décharges, sont fournies par Statistique Canada (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007, 2008 et 2010). La méthode employée dans le cadre de l'enquête permet d'inclure les populations susceptibles de ne pas avoir accès à des installations d'élimination des déchets (décharges non gérées).

A5.6.2. Inclusion des quantités de déchets de construction et de démolition dans l'enfouissement des déchets solides

Les émissions provenant de la décomposition des déchets de construction et de démolition dans les sites d'enfouissement sont désormais comptabilisées dans la catégorie de l'enfouissement des déchets solides. Auparavant, ces types de déchets n'étaient pas inclus dans cette catégorie, car on présumait que leur teneur en matière organique était négligeable. Cependant, afin de respecter le principe d'exhaustivité pour cette catégorie de source, et parce qu'on dispose de l'information sur les quantités et la décomposition de ces types de déchets, les estimations

des émissions provenant des sites d'enfouissement des déchets solides municipaux comprennent désormais les contributions des déchets de construction et de démolition.

A5.6.3. Eaux usées domestiques et commerciales

On attribue la mention NE (non estimées) aux émissions de N_2O provenant du sous-secteur des eaux usées afin d'assurer l'uniformité avec la sous-catégorie des eaux usées domestiques et commerciales sans déchets humains/boues. Aucune méthode n'est fournie pour l'estimation des émissions de N_2O des eaux usées domestiques et commerciales sans déchets humains dans les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC, ni dans les documents sur les bonnes pratiques du GIEC. La récupération du CH_4 de ces activités de traitement des eaux usées n'a pas été confirmée, mais on ne croit pas qu'elle soit possible. Les émissions de CH_4 de la sous-catégorie des boues portent la mention NE, car on ne dispose pas, pour l'instant, de données permettant d'évaluer les quantités captées dans certains sites.

A5.6.4. Eaux usées industrielles

La mention « non estimées (NE)» est attribuée aux émissions de N_2O produites par les eaux usées industrielles, car ces données ne sont pas faciles à obtenir auprès des installations, et aucune méthode n'est fournie dans les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC (GIEC, OCDE, AIE 1997), ni dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques, pour estimer ces émissions (GIEC 2000). Les émissions de CH_4 produites par les boues d'épuration industrielles sont déclarées sous la mention « non inexistantes (NE) ». La majorité des boues de l'industrie des pâtes et papiers sont éliminées dans des décharges, et les boues générées par la transformation des aliments sont soit enfouies dans des décharges, soit appliquées sur des terres pour y subir une dégradation aérobie. Les émissions de N_2O issues du traitement des boues d'épuration industrielles portent la mention NE, car ces données ne sont pas faciles à obtenir auprès des installations, et aucune méthode n'est fournie dans les Lignes directrices révisées du GIEC de 1996, ni dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques, pour estimer ces émissions.

A5.6.5. Incinération des déchets solides municipaux

Les émissions de CH_4 provenant de l'incinération des déchets solides municipaux sont considérées comme négligeables et n'ont pas été estimées. Cette conclusion est appuyée par un rapport récemment publié (CRA, 2011). À peu près moins de cinq pour cent de tous les déchets urbains sont incinérés au Canada. On ne pense donc pas que les émissions de CH_4 issues de cette source contribuent de façon importante à l'inventaire national et elles sont donc déclarées avec la mention NE.

A5.6.6. Incinération des déchets dangereux

Les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O provenant de l'incinération des déchets dangereux sont incluses dans le présent rapport. En raison du manque de données sur les activités associées à cette source, ces émissions n'avaient pas été incluses dans les inventaires précédents. Environnement Canada a réalisé des enquêtes pour recueillir des données directement auprès des établissements concernés pour l'ensemble de la série chronologique. En 2006, une enquête préliminaire avait été entreprise pour évaluer la réaction des établissements. D'autres enquêtes ont suivi en 2008 et 2010 (Environnement Canada, 2010). On juge maintenant que les données sont exhaustives, et le processus de collecte des données se poursuivra tous les deux ans.

Annexe 6

Assurance et contrôle de la qualité

Les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) font partie intégrante des processus de production et de présentation des inventaires. Le Canada, en se fondant sur elles, peut respecter les exigences de la CCMUCC en matière de transparence, d'uniformité, de comparabilité, d'exhaustivité et de précision. Le gouvernement du Canada s'est engagé à améliorer les données et les méthodes de concert avec l'industrie, les provinces et les territoires, les milieux universitaires et la collectivité internationale, afin de produire un inventaire crédible et valable qui satisfait à ses obligations internationales.

A6.1. Caractéristiques du plan d'AC/de CQ de l'inventaire national

Le Canada a préparé un plan d'AQ/de CQ en partant d'une approche intégrée à la gestion de la qualité de l'inventaire et en visant l'amélioration continue des estimations des émissions et des absorptions. Le plan est conçu pour permettre l'application des procédures d'AQ/de CQ tout au long du processus de préparation de l'inventaire, de la collecte des données initiales à la publication, en passant par la préparation des estimations des émissions et des absorptions.

Préparé au départ en 2006, le plan comporte un système d'amélioration continue qui comprend, sans toutefois s'y limiter, des procédures d'intégration des leçons retenues au cours du cycle d'établissement de l'inventaire, le recours à des méthodes d'AQ/de CQ et à d'autres outils pour dégager et prioriser les améliorations, ainsi que des mécanismes veillant à ce que les améliorations relevées soient intégrées aux procédures d'exploitation.

La préparation d'une documentation sur les procédures d'AQ/de CQ se situe au cœur du système. On utilise des listes de contrôle normalisées pour décrire de façon cohérente et systématique la totalité des activités d'AQ/de CQ effectuées au cours de la préparation et de la présentation de l'inventaire annuel. Des vérifications de CQ ont lieu au cours de la préparation de chaque inventaire annuel et sont archivées avec les autres documents de procédure et de méthodologie, par catégorie d'inventaire et année de présentation. Le plan exige la coordination des activités d'AQ/de CQ avec les agences et organismes externes qui fournissent des données sur les activités et/ou établissent des estimations des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre (GES) pour Environnement Canada.

A6.2. Processus de production de l'inventaire annuel

La préparation de l'inventaire repose sur un mécanisme continu d'amélioration de la méthodologie, de collecte des données, de perfectionnement et d'examen. Au cours des premières parties du cycle du projet (de mai à octobre), on commence la collecte des données requises, tandis que l'on prépare le calendrier du nouvel inventaire. À la fin d'octobre, les méthodologies sont arrêtées et le processus de collecte des données est presque terminé.

Entre novembre et janvier, les spécialistes sectoriels préparent les estimations et le texte du RIN. Des experts de l'inventaire (responsables d'un secteur particulier) font le calcul des émissions et on mène des vérifications du CQ, qui sont approuvées par les gestionnaires des secteurs avant la préparation du rapport et des totaux nationaux. Le processus comporte aussi l'évaluation des catégories clés, des recalculs, des analyses d'incertitude, un CQ et la préparation de la documentation. En février et mars, l'inventaire produit est analysé à l'interne et des volets sélectionnés sont examinés par des spécialistes de l'extérieur, des agences gouvernementales et les gouvernements provinciaux/territoriaux. Les observations reçues sont étayées et, s'il y a lieu, sont intégrées à la dernière version. Après avoir été approuvé par la haute direction, l'inventaire est présenté au responsable de la CCMUCC le 15 avril au plus tard. L'inventaire est ensuite archivé et le RIN est alors traduit en français et publié.

Les archives de l'inventaire existent sous forme électronique et imprimée. Les archives imprimées se présentent

sous la forme d'une bibliothèque de références contenant la version imprimée des références citées dans le RIN. La bibliothèque de références est garnie annuellement par des références à jour provenant de la présentation la plus récente. Les archives électroniques sont matérialisées par un lecteur réseauté commun à système de dossiers normalisé conçu expressément pour contenir tous les renseignements pertinents nécessaires pour reconstruire l'inventaire, y compris les renseignements sur les procédures d'AQ/de CQ et leurs résultats. Les archives électroniques sont également actualisées annuellement et contiennent l'information et les dossiers provenant de l'inventaire le plus récent.

Le cycle d'inventaire se termine par des rencontres d'apprentissage reposant sur les leçons retenues; elles se tiennent chaque année à la fin d'avril. Ces rencontres ont lieu à l'interne et avec les partenaires, pour examiner les procédures afin d'améliorer constamment le processus.

A6.3. Procédures de CQ

Le contrôle de la qualité a pour but de mener de routine des vérifications techniques afin de mesurer et de contrôler la qualité de l'inventaire, de garantir la cohérence, l'intégrité, l'exactitude et l'exhaustivité des données et de déceler les erreurs et les omissions pour y remédier. Il couvre un vaste éventail de processus d'inventaire, depuis l'acquisition et la manipulation des données ou l'application des procédures et méthodes approuvées jusqu'au calcul des estimations et à leur documentation.

A6.3.1. Contrôle de la qualité de niveau 1

Le personnel de l'organisme chargé de l'inventaire effectue systématiquement chaque année une vérification de la qualité de niveau 1 des catégories clés et des échantillons de l'ensemble des secteurs au minimum. Le CQ de niveau 1 suit les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC 2000), y compris, sans s'y limiter :

- empêcher l'introduction d'erreurs de données facilement évitables, par exemple pendant l'acheminement des données, l'utilisation des unités et des calculs de base appropriés;
- vérifier la cohérence dans les données utilisées dans de multiples secteurs;
- analyser et comparer les tendances de base avec les estimations antérieures;
- établir la documentation appropriée de ce qui suit : hypothèses, pièces justificatives des experts et critères de sélection des facteurs, paramètres et méthodologies concernant les émissions;
- mener des vérifications d'exhaustivité.

La documentation et l'archivage de tous les renseignements requis pour préparer l'estimation annuelle des émissions sont vérifiés en se concentrant sur les catégories clés. Les listes de vérification du CQ comprennent un registre de toutes mesures correctives prises et font renvoi à la documentation justificative. Des mises à jour mineures à la liste de vérification du CQ ont été apportées en 2010. Avant le dépôt du rapport, il y a des vérifications transversales officielles des produits finaux et ces vérifications sont documentées.

A6.3.2. Contrôle de la qualité de niveau 2

L'évaluation du contrôle de la qualité de niveau 2 est une occasion de récapituler et d'analyser les améliorations d'une ou de plusieurs catégories spécifiques. Une évaluation complète s'impose, afin que la catégorie visée demeure actuelle et pertinente pendant un certain nombre d'années après celle de l'analyse. Il s'agit d'une étude de vaste portée, utilisant diverses approches, notamment :

- des évaluations de l'applicabilité des méthodes, des facteurs d'émissions (FE), des données sur l'activité, de l'incertitude, etc.;
- la compréhension de la circulation de l'information, des données secondaires et des données saisies, ainsi que la capacité de suivre les entrées jusqu'à leur source;
- l'épuration et la mise à jour de la documentation (non assurées par les contrôles de la qualité de niveau 1);
- la mise en place des fondements pour les activités à venir, notamment l'élaboration et la priorisation des recommandations d'amélioration et les préparatifs visant les activités ultérieures d'assurance de la qualité.

On peut documenter les vérifications du contrôle de la qualité de niveau 2 en suivant une liste de vérifications normalisée ou en menant une étude en profondeur pour faire une évaluation complète.

A6.4. Procédures d'AQ

L'assurance de la qualité (AQ) se compose généralement d'activités d'examen menées par des experts indépen-

dants dans le but de s'assurer que l'inventaire offre les meilleures estimations possibles des émissions et des absorptions et de renforcer l'efficacité du programme de CQ. Tout comme pour le CQ, l'AQ est effectuée chaque année sur des composantes de l'inventaire. Parallèlement, des experts et des scientifiques d'autres ministères examinent les parties de l'inventaire préliminaire qui les concernent.

De plus, certaines données et méthodes sous-jacentes sont évaluées indépendamment chaque année par divers groupes ou experts dans l'industrie, les milieux universitaires et les gouvernements. La raison pour laquelle on effectue une AQ est d'évaluer les données sur les activités, la méthodologie et le coefficient d'émissions utilisés pour calculer les diverses estimations; il est préférable qu'elle soit menée avant que l'on prenne une décision sur la mise en œuvre d'un changement de méthodologie.

A6.5. Vérification

La vérification consiste à utiliser l'information d'un tiers pour confirmer la véracité de l'inventaire. Ainsi, si on dispose de données adéquates dans le cadre du programme de déclaration des GES par les émetteurs au Canada, on amorce une analyse afin de mener des comparaisons des données de l'analyse ascendante et de l'analyse descendante.

.

Annexe 7

Degré d'incertitude

A7.1. Introduction

Toutes les Parties de l'Annexe 1 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, 2000). Le Canada a évalué pour la première fois, en 1994, l'incertitude de ses estimations de 1990 (McCann, 1994). En 2003-2004, le Canada a réalisé une analyse de Monte-Carlo exhaustive (selon la méthode 2) en vue d'obtenir une évaluation de l'incertitude associée à la méthodologie ayant servi à estimer les émissions de son inventaire de GES de 2001 (les dernières estimations disponibles au moment de l'étude); les résultats de cette évaluation ont fait l'objet de plusieurs rapports subséquents (Environnement Canada, 2009). Depuis 2004, beaucoup de changements, d'améliorations et de mises à jour d'ordre méthodologique ont été apportés, y compris l'actualisation des paramètres d'incertitude. Des estimations de l'incertitude ont en outre été formulées pour les émissions estimatives de méthane attribuables au secteur de l'agriculture et pour les émissions estimatives du secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF; voir les chapitres 6 et 7). Les résultats globaux de l'évaluation précédente ne peuvent plus s'appliquer à l'ensemble de l'inventaire.

Dans le présent rapport, le Canada a utilisé la méthode de propagation d'erreur (la méthode 1), mentionnée dans le chapitre 6 des *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC, 2000), pour évaluer le degré d'incertitude des estimations des émissions pour 2011. On a combiné les estimations de l'incertitude en remplissant le tableau 6.1, selon les catégories de sources. Les valeurs estimatives pour chaque catégorie de sources ou de puits proviennent des études précédentes, ont été modifiées d'après les résultats de ces études, ou encore sont calculées indépendamment, comme c'est le cas des valeurs des secteurs de l'agriculture (émissions de méthane), de l'énergie (certaines catégories de combustion de combustibles et les émissions fugitives), des procédés industriels et de l'ATCATF.

A7.2. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2011

On a réalisé des analyses distinctes de l'ensemble des résultats de l'inventaire, d'une part en incluant le secteur de l'ATCATF, et d'autre part en l'excluant. Les émissions nationales estimatives de 2011 excluant le secteur de l'ATCATF, qui s'élèvent à 702 Mt d'éq. CO_2, se situent dans une plage d'incertitude de 674 à 730 Mt d'éq.CO_2 (±4 %) (voir le Tableau A7–1). Ces résultats sont conformes à ceux qui ont été publiés dans les rapports d'inventaire précédents, qui varient de -3 % à +6 %. Le secteur de l'énergie a affiché le plus faible degré d'incertitude, à ±3 %, tandis que le secteur de l'agriculture a affiché le plus élevé, à ±39 %. Le degré d'incertitude du secteur des procédés industriels, du secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits et du secteur des déchets a été de ±8,2 %, de ±19 % et de ±34 %, respectivement. Voici les catégories de sources d'émissions qui ont apporté la plus grande contribution au degré d'incertitude du rapport d'inventaire, à l'échelle nationale, lorsque le secteur de l'ACATF n'était pas inclus :

i. Agriculture – émissions indirectes des sols agricoles;
ii. Énergie – combustion de combustibles – émissions de CO_2 résultant de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public;
iii. Énergie – combustion de combustibles – émissions de N_2O d'autres modes de transport (hors route);
iv. Déchets – émissions de CH_4 imputables à l'enfouissement des déchets solides;
v. Agriculture – émissions directes de N_2O des sols agricoles.

Les émissions estimatives à l'échelle nationale tenant compte des émissions et des absorptions du secteur de

Tableau A7–1 Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2011	Incertitude des données sur les activités[1]	Incertitude associée au coefficient d'émission1	Incertitude combinée	Incertitude des données sur les activités en % des émissions TOTALES de 2011	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités	Incertitude induite dans les tendances des émissions nationales totales
			kt d'éq. CO_2	kt d'éq. CO_2	%	%	%	%	%	%	%
	TOTAL		**589 289**	**691 711**	**0,50**	**3,71**	**3,9**		*Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	*Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	**0,94**
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CO_2	93 043	92 567	0,54	11	11	1,44	-0,33	-0,02	0,33
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CH_4	37	139	0,86	34	34	0,01	0,01	0,00	0,01
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	N_2O	532	585	0,54	48	48	0,04	0,00	0,00	0,00
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CO_2	16 708	16 052	1,1	9,4	9,5	0,22	-0,06	-0,01	0,06
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CH_4	5,9	4,3	0,63	48	48	0,00	0,00	0,00	0,00
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	N_2O	49	37	0,56	48	48	0,00	0,00	0,00	0,00
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CO_2	32 561	43 214	0,90	10	10	0,62	0,08	0,01	0,08
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CH_4	1 562	1 735	0,13	4	4,4	0,01	0,00	0,00	0,00
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	N_2O	289	521	0,68	61	61	0,05	0,02	0,00	0,02
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CO_2	63 604	79 581	2,0	4,0	4,0	0,45	0,03	0,01	0,03
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CH_4	52	69	4,2	14	14	0,00	0,00	0,00	0,00
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	N_2O	619	856	4,1	19	19	0,02	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CO_2	7 047	5 946	-	-	0,6	0,01	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CH_4	10	6,6	-	-	59	0,00	0,00	0,00	0,00
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	N_2O	70	55	-	-	542	0,04	-0,03	0,00	0,03
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CO_2	93 216	131 823	-	-	0,50	0,08	0,02	0,00	0,02

Tableau A7-1 Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF (continué)

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2011	Incertitude des données sur les activités[1]	Incertitude associée au coefficient d'émission[1]	Incertitude combinée	Incertitude des données sur les activités en % des émissions TOTALES de 2011	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités	Incertitude induite dans les tendances des émissions nationales totales
			kt d'éq. CO_2	kt d'éq. CO_2	%	%	%	%	%	%	%
	TOTAL		**589 289**	**691 711**	**0,50**	**3,71**	**3,9**		*Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	*Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	**0,94**
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CH_4	304	215	-	-	72	0,02	-0,02	0,00	0,02
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	N_2O	3 195	3 169	-	-	29	0,12	-0,03	0,00	0,03
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CO_2	6 159	6 012	-	-	1,7	0,01	0,00	0,00	0,00
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CH_4	7	7	-	-	65	0,00	0,00	0,00	0,00
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	N_2O	790	781	-	-	274	0,31	-0,07	0,00	0,07
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	CO_2	4 693	5 669	-	-	2,9	0,02	0,00	0,00	0,00
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	CH_4	7	10	-	-	178	0,00	0,00	0,00	0,00
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	N_2O	339	367	-	-	283	0,15	-0,02	0,00	0,02
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CO_2	21 459	35 261	-	-	1,0	0,05	0,02	0,00	0,02
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CH_4	204	271	-	-	116	0,04	0,01	0,00	0,01
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	N_2O	1 832	3 455	-	-	273	1,34	0,59	0,00	0,59
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	6 652	5 441	1,0	3,0	3,2	0,02	-0,01	0,00	0,01
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CH_4	141	116	1,0	40	40	0,01	0,00	0,00	0,00
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	N_2O	57	45	1,0	89	89	0,01	0,00	0,00	0,00
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CO_2	68 760	74 881	1,1	1,7	2,0	0,18	-0,02	-0,01	0,02
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CH_4	2 118	2 197	29	88	93	0,28	-0,05	-0,02	0,05
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	N_2O	702	809	13	48	50	0,06	0,00	0,00	0,00
1.B.1.a	Sources fugitives - Extraction du charbon	CH_4	2 199	994	-	-	57	0,08	-0,16	0,00	0,16
1.B.2. (a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CO_2	117	281	-	-	15	0,01	0,00	0,00	0,00
1.B.2. (a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CH_4	15 454	25 049	-	-	11	0,39	0,12	0,00	0,12
1.B.2. (a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	N_2O	31	31	-	-	49	0,00	0,00	0,00	0,00
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation	CO_2	6 992	10 175	-	-	22	0,32	0,07	0,00	0,07
1.B.2.c	Sources fugitives - Torchage	CO_2	4 352	4 563	-	-	16	0,10	-0,02	0,00	0,02
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torchage	CH_4	13 219	18 603	-	-	18	0,46	0,09	0,00	0,09
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torchage	N_2O	0	10	-	-	49	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau A7-1 Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF (continué)

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2011	Incertitude des données sur les activités[1]	Incertitude associée au coefficient d'émission1	Incertitude combinée	Incertitude des données sur les activités en % des émissions TOTALES de 2011	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités	Incertitude induite dans les tendances des émissions nationales totales
			kt d'éq. CO_2	kt d'éq. CO_2	%	%	%	%	%	%	%
	TOTAL		**589 289**	**691 711**	**0,50**	**3,71**	**3,9**		*Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	*Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	**0,94**
2.A.1	Procédés industriels - Production de ciment	CO_2	5 436	5 741	-	-	28	0,23	-0,03	0,00	0,03
2.A.2	Procédés industriels - Production de chaux	CO_2	1 759	1 446	-	-	8,0	0,02	-0,01	0,00	0,01
2.A.3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO_2	805	356	-	-	19	0,01	-0,02	0,00	0,02
2.A.4	Procédés industriels - Production et utilisation de carbonate de sodium	CO_2	246	104	-	-	10	0,00	0,00	0,00	0,00
2.A.7.2	Procédés industriels - Utilisation de magnésite	CO_2	147	91	-	-	8,1	0,00	0,00	0,00	0,00
2.B.1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO_2	4 510	5 750	-	-	4,0	0,03	0,00	0,00	0,00
2.B.2	Procédés industriels - Production d'acide nitrique	N_2O	1 012	1 163	-	-	10	0,02	0,00	0,00	0,00
2.B.3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N_2O	10 718	0	-	-	11	0,00	-0,23	0,00	0,23
	Procédés industriels - Production pétrochimique	CH_4	99	56	-	-	27	0,00	0,00	0,00	0,00
	Procédés industriels - Production pétrochimique	N_2O	8	8	-	-	21	0,00	0,00	0,00	0,00
2.C.1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	10 193	9 861	-	-	5,4	0,08	-0,02	0,00	0,02
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO_2	2 715	5 066	-	-	7,1	0,05	0,02	0,00	0,02
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFC	6 539	1 442	-	-	9,1	0,02	-0,10	0,00	0,10
2.C.4.1	Procédés industriels - Production d'aluminium	SF_6	59	77	-	-	3,3	0,00	0,00	0,00	0,00
2.C.4.2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF_6	2 870	0	-	-	5,7	0,00	-0,03	0,00	0,03
2.C.5	Procédés industriels – Moulage du magnésium	SF_6	236	193	-	-	4,0	0,00	0,00	0,00	0,00
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	HFC	767	0	-	-	36	0,00	-0,06	0,00	0,06
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	PFC	0	0	-	-	23	0,00	0,00	0,00	0,00
2.E	Procédés industriels - Production de SF_6	SF_6	0	0	-	-	32	0,00	0,00	0,00	0,00
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	HFC	0	7 527	-	-	36	0,38	0,46	0,00	0,46
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	PFC	0	9	-	-	23	0,00	0,00	0,00	0,00
2.F.7	Procédés industriels - Utilisation de SF_6 dans l'industrie des semiconducteurs	SF_6	212	144	-	-	30	0,01	-0,01	0,00	0,01
2.F.8	Procédés industriels - Utilisation de SF_6 dans l'industrie de l'équipement électrique	SF_6	15	1	-	-	45	0,00	0,00	0,00	0,00
2.G	Procédés industriels – Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	7 632	15 236	-	-	20	0,43	0,21	0,00	0,21
3.D	Utilisation de solvants et d'autres produits	N_2O	179	247	-	-	19	0,01	0,00	0,00	0,00
4.A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	16 111	17 983	1,4	21	21	0,54	-0,04	0,00	0,04

Tableau A7-1 Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF (continué)

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2011	Incertitude des données sur les activités[1]	Incertitude associée au coefficient d'émission[1]	Incertitude combinée	Incertitude des données sur les activités en % des émissions TOTALES de 2011	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités	Incertitude induite dans les tendances des émissions nationales totales
			kt d'éq. CO_2	kt d'éq. CO_2	%	%	%	%	%	%	%
	TOTAL		**589 289**	**691 711**	**0,50**	**3,71**	**3,9**		*Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	*Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre*	**0,94**
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	CH_4	2 563	2 720	1,3	32	32	0,12	-0,02	0,00	0,02
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	N_2O	3 159	3 675	24	96	99	0,50	-0,01	0,00	0,01
4.D.1	Agriculture - Émissions directes des sols	N_2O	16 014	18 679	11	33	35	0,87	-0,02	-0,01	0,02
4.D.3	Agriculture - Émissions indirectes des sols	N_2O	8 677	10 840	16	180	181	2,78	0,16	0,02	0,16
4.F	Agriculture - Incinération des résidus agricoles dans les champs	CH_4	148	20	50	40	64	0,00	-0,01	-0,02	0,02
4.F	Agriculture - Incinération des résidus agricoles dans les champs	N_2O	57	7	50	48	69	0,00	0,00	-0,01	0,01
6.A	Déchets - Enfouissement des déchets solides	CH_4	17 437	20 052	-	-	36	1,04	-0,04	0,00	0,04
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	CH_4	316	315	-	-	43	0,02	0,00	0,00	0,00
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	N_2O	514	685	-	-	63	0,06	0,01	0,00	0,01
6.C	Déchets – Incinération des déchets	CO_2	507	496	-	-	35	0,02	-0,01	0,00	0,01
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CH_4	10	2	-	-	60	0,00	0,00	0,00	0,00
6.C	Déchets - Incinération des déchets	N_2O	223	196	-	-	85	0,02	-0,01	0,00	0,01

1. Dans le cas des catégories où il n'y a pas de valeurs individuelles pour l'incertitude liée au coefficient d'émission et l'incertitude concernant les données sur les activités, les estimations de l'incertitude combinées sont fondées sur des analyses de Monte-Carlo sectorielles. Pour de plus amples renseignements sur les sources d'incertitude des données et les méthodes de calculs (concernant les catégories du secteur de l'énergie, du secteur des procédés industriels, du secteur de l'utilisation de solvant ou d'autres produits et du secteur des déchets), veuillez consulter les sections sur l'incertitude des chapitres respectifs du rapport d'inventaire national.

l'ATCATF, qui s'élèvent à 789 Mt d'éq CO_2, se situent dans une plage d'incertitude variant de 673 à 905 Mt d'éq. CO_2 (±15 %) (voir le Tableau A7–2). Le degré d'incertitude du secteur de l'ATCATF est élevé parce que les émissions sont principalement tributaires de perturbations naturelles très variables. Dans ce cas, les cinq catégories suivantes ont le plus d'influence sur le degré d'incertitude à l'échelle nationale :

vi. ATCATF – émissions de CO_2 des terres forestières;

vii. Agriculture – émissions indirectes de N_2O des sols agricoles;

viii. Énergie – combustion de combustibles – émissions de CO_2 résultant de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public;

ix. Énergie – combustion de combustibles – émissions de N_2O d'autres modes de transport (hors route);

x. Déchets – émissions de CH_4 imputables à l'enfouissement des déchets solides.

Le calcul des incertitudes associées aux tendances exclut le secteur de l'ATCATF. Étant donné que les estimations dans le secteur de l'ACTATF sont très variables d'une année à l'autre et que les émissions sont principalement tributaires de facteurs naturels comme les feux de forêt dans les forêts aménagées, ce secteur n'a pas été pris en considération lors de l'analyse des incertitudes liées aux tendances des émissions et des absorptions de GES anthropiques. Le degré d'incertitude des tendances, abstraction faite du secteur de l'ATCATF, s'est établi à 0,94 %. La hausse totale des émissions depuis 1990, qui s'élève à 111 Mt d'éq CO_2 (+18,7 %), se situe dans une plage d'incertitude dont le minimum est +105 Mt d'éq CO_2 et le maximum, +116 Mt d'éq CO_2 (+17,8 % à +19,7 %).

Bien que le présent rapport renferme une évaluation exhaustive de l'incertitude, il faut signaler que, tel qu'indiqué dans les rapports précédents, le Canada reconnaît les limites de la méthodologie actuelle. Des valeurs

du degré d'incertitude lié aux émissions estimatives tirées des analyses de Monte-Carlo précédentes ont été utilisées dans le présent modèle de propagation d'erreur. Dans de nombreux cas, les paramètres ne vérifiaient pas l'hypothèse selon laquelle ceux-ci doivent être indépendants et normalement distribués; il a fallu les simplifier aux fins de l'analyse. L'entière portée des conséquences de ces simplifications, qu'elles entraînent une sous-estimation ou une surestimation de l'incertitude, ne fait pas partie du présent rapport. Les hypothèses utilisées devraient cependant faire l'objet d'examen ou de mise à jour dans les futurs rapports, aux termes du programme canadien d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ). De plus, on a mis l'accent sur des analyses des incertitudes plus détaillées dans chaucun des secteurs, selon les domaines de spécialité respectifs. Pour de plus amples précisions sur l'incertitude associée à des secteurs particuliers, veuillez consulter les sections sur l'incertitude des chapitres 3 à 8.

A7.3. Améliorations prévues

L'amélioration continue est l'un des principes sur lesquels le Canada se fonde pour élaborer son inventaire annuel des gaz à effet de serre. 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. De nouveaux changements et améliorations méthodologiques tiennent compte de leurs conséquences sur l'incertitude. Par ailleurs, il est prévu d'améliorer l'estimation du degré d'incertitude dans le domaine de spécialité de nombreux secteurs.

Le Canada souligne que l'examen des précédents rapports par une équipe d'experts a permis de constater les domaines prioritaires à améliorer, comme la nécessité de procéder régulièrement à des analyses d'incertitude, d'accroître les capacités internes d'analyse de l'incertitude et d'utilisation optimale des résultats obtenus; et de procéder à des analyses de niveau 2 des catégories principales. Toutes ces étapes faciliteront l'intégration des méthodes d'AQ/CQ, de l'analyse des catégories clés et de l'analyse de l'incertitude, de manière à prioriser les améliorations. Cette vision à plus long terme adoptée par le Canada pour ce qui est des évaluations de l'incertitude est conforme aux recommandations de l'équipe d'experts.

Tableau A7–2 Évaluation du degré d'incertitude avec le secteur ATCATF

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année 2011	Incertitude combinée
			kt d'éq. CO_2	%
	TOTAL		**789 058**	**14,7**
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CO_2	92 567	11
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CH_4	139	34
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	N_2O	585	48
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CO_2	16 052	9
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CH_4	4	48
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	N_2O	37	48
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CO_2	43 214	10
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CH_4	1 735	4,4
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	N_2O	521	61
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CO_2	79 581	4,0
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CH_4	69	14
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	N_2O	856	18,8
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CO_2	5 946	0,60
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CH_4	7	59
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	N_2O	55	542
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CO_2	131 823	0,50
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CH_4	215	72
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	N_2O	3 169	29
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CO_2	6 012	1,7
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CH_4	7	65
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	N_2O	781	274
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	CO_2	5 669	2,9
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	CH_4	10	178
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	N_2O	367	283
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CO_2	35 261	1,0
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CH_4	271	116
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	N_2O	3 455	273
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CO_2	5 441	3,2

Tableau A7-2 Évaluation du degré d'incertitude avec le secteur ATCATF (continué)

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année 2011	Incertitude combinée
			kt d'éq. CO_2	%
	TOTAL		**789 058**	**14,7**
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CH_4	116	40
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	N_2O	45	89
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CO_2	74 881	2,0
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CH_4	2 197	93
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	N_2O	809	50
1.B.1.a	Sources fugitives - Extraction du charbon	CH_4	994	57
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CO_2	281	15
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CH_4	25 049	11
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	N_2O	31	49
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation	CO_2	10 175	22
1.B.2.c	Sources fugitives - Torchage	CO_2	4 563	16
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torchage	CH_4	18 603	18
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torchage	N_2O	10	49
2.A.1	Procédés industriels - Production de ciment	CO_2	5 741	28
2.A.2	Procédés industriels - Production de chaux	CO_2	1 446	8,0
2.A.3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO_2	356	19
2.A.4	Procédés industriels - Production et utilisation de carbonate de sodium	CO_2	104	10
2.A.7.2	Procédés industriels - Utilisation de magnésite	CO_2	91	8,1
2.B.1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO_2	5 750	4,0
2.B.2	Procédés industriels - Production d'acide nitrique	N_2O	1 163	10
2.B.3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N_2O	0	11
	Procédés industriels - Production pétrochimique	CH_4	56	27
	Procédés industriels - Production pétrochimique	N_2O	8	21
2.C.1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO_2	9 861	5,4
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO_2	5 066	7,1
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFC	1 442	9,1
2.C.4.1	Procédés industriels - Production d'aluminium	SF_6	77	3,3
2.C.4.2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF_6	0	5,7
2.C.5	Procédés industriels - Moulage du magnésium	SF_6	193	4,0
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	HFC	0	36
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	PFC	0	23
2.E	Procédés industriels - Production de SF_6	SF_6	0	32
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	HFC	7 527	36
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	PFC	9	23
2.F.7	Procédés industriels - Utilisation de SF_6 dans l'industrie des semiconducteurs	SF_6	144	30
2.F.8	Procédés industriels - Utilisation de SF_6 dans l'industrie de l'équipement électrique	SF_6	1	45
2.G	Procédés industriels – Autres (procédés indifférenciés)	CO_2	15 236	20
3.D	Utilisation de solvants et d'autres produits	N_2O	247	19
4.A	Agriculture - Fermentation entérique	CH_4	17 983	21
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	CH_4	2 720	32
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	N_2O	3 675	99
4.D.1	Agriculture - Émissions directes des sols	N_2O	18 679	35
4.D.3	Agriculture - Émissions indirectes des sols	N_2O	10 840	181
4.F	Agriculture - Incinération des résidus agricoles dans les champs	CH_4	20	64
4.F	Agriculture - Incinération des résidus agricoles dans les champs	N_2O	7	69
5.A	Émissions de CO_2 des terres forestières	CO_2	65 023	173
5.A	Émissions de CH_4 des terres forestières	CH_4	11 238	57
5.A	Émissions de N_2O des terres forestières	N_2O	6 976	55
5.B	Émissions de CO_2 des terres cultivées	CO_2	-15 003	19
5.D	Émissions de CO_2 des terres humides	CO_2	1 568	0
5.E	Émissions de CO_2 des zones de peuplement	CO_2	-16	0
	Émissions de CO_2 résultant de la conversion des terres forestières	CO_2	17 123	15
	Émissions de CH_4 résultant de la conversion des terres forestières	CH_4	219	28
	Émissions de N_2O résultant de la conversion des terres forestières	N_2O	140	26
6.A	Déchets - Enfouissement des déchets solides	CH_4	20 052	36
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	CH_4	315	43
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	N_2O	685	63
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CO_2	496	35
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CH_4	2,5	60
6.C	Déchets - Incinération des déchets	N_2O	196	85

Annexe 8

Coefficients d'émission

La présente annexe résume la façon dont les coefficients d'émission qui ont servi à l'estimation des émissions des gaz à effet de serre ont été élaborés et choisis. Les annexes 2 et 3 proposent des détails supplémentaires sur les méthodes propres aux secteurs quant à l'utilisation de ces coefficients.

A8.1. Combustion des combustibles

A8.1.1. Gaz naturel et liquides de gaz naturel

A8.1.1.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 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 existe deux grandes qualités de combustible 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). Jusqu'à 2007, on dénombrait au Canada neuf régions productrices de gaz naturel destiné à la vente ou à une consommation interne, entraînant des variations régionales relatives au gaz naturel marchand ou non marchand. Les coefficients d'émission provinciaux et territoriaux (voir le Tableau A8–1) ont été élaborés à partir des données des analyses chimiques d'échantillons représentatifs de gaz naturel (McCann, 2000) et d'un rendement de combustion présumé de 99,5 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les coefficients d'émission du gaz naturel non marchand sont supérieurs à ceux des combustibles marchands en raison de sa nature brute, ce qui peut englober l'éthane, le propane et le butane, en plus du méthane qui se trouve dans le mélange de combustible.

Tableau A8–1 Coefficients d'émission de CO_2 pour le gaz naturel

Province	Coefficient d'émission[3] (g/m^3)	
	Marchand[1]	Non-marchand[2]
Terre-Neuve-et-Labrador	1 891	2 482
Nouvelle-Écosse	1 891	2 482
Nouveau-Brunswick	1 891	NE
Québec	1 878	NE
Ontario	1 879	NE
Manitoba	1 877	NE
Saskatchewan	1 820	2 429
Alberta	1 918	2 380
Colombie-Britannique	1 916	2 151
Yukon	1 891	2 389
Territoires du Nord-Ouest	2 454	2 454

Notes :

NE = non existant

1. Le terme « marchand » s'applique au combustible consommé par les centrales électriques, les industries manufacturières, le secteur résidentiel et commercial et celui des transports.
2. Le terme « non marchand » s'applique à la consommation de gaz brut,surtout celle des producteurs de gaz naturel.
3. Adapté de McCann (2000).

Les coefficients d'émission de CO_2 pour des liquides du gaz naturel (LGN) (voir le Tableau A8–3), comme l'éthane, le propane et le butane, ont été élaborés d'après les données de l'analyse chimique des combustibles marchands (McCann, 2000) en supposant un rendement de combustion présumé de 99,5 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Ces coefficients d'émission sont inférieurs à ceux qui ont été conçus d'après la pureté des combustibles (Jaques, 1992) en raison de la présence d'impuretés dans les combustibles.

A8.1.1.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (voir les Tableau A8–2 et Tableau A8–3) 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 tech-

Tableau A8–2 Coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O pour le gaz naturel

Source	Coefficient d'émission[3] (g/m^3)[1]	
	CH_4	N_2O
Centrales électriques – services publics	0,49	0,049
Industrie	0,037	0,033
Consommation du producteur (non marchand)	6.4[2]	0,06
Pipelines	1,9	0,05
Ciment	0,037	0,034
Industries manufacturières	0,037	0,033
Résidentiel, construction, commercial et institutionnel, agriculture	0,037	0,035

Notes :
1. SGA Energy (2000)
2. Adapté de l'EPA (1996b) et de l'ACPP (1999)

Tableau A8–3 Coefficients d'émission pour les liquides du gaz naturel

Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO_2	CH_4	N_2O
Propane			
Résidentiel	1 507[1]	0,027[2]	0,108[2]
Toutes autres utilisations	1 507[1]	0,024[2]	0,108[2]
Éthane	976[1]	0,024[2]	0,108[2]
Butane	1 730[1]	0,024[2]	0,108[2]

Notes:
1. Adapté de McCann (2000).
2. SGA (2000)

nologies 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).

A8.1.1.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (voir les Tableau A8–2 et Tableau A8–3) 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).

A8.1.2. Produits pétroliers raffinés

A8.1.2.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 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 selon le pouvoir calorifique, la teneur en carbone et la densité (McCann, 2000) et un rendement présumé de combustion de 99 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997) à des fins d'harmonisation avec les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996*.

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 (voir le Tableau A8–5) reposent sur les données fournies par l'industrie au Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEED-AC) figurant dans les rapports *Review of Energy Consumption* sur l'industrie de raffinage et de valorisation (CIEEDAC, 2003, 2010). La quantité de coke consommée par les raffineries est dérivée des craqueurs catalytiques et le coefficient d'émission est une moyenne du coke de pétrole et du coke des craqueurs catalytiques.

Les coefficients d'émission pour les gaz de distillation (voir le Tableau A8–5) provenant des activités de raffinage et les installations de valorisation ont également été élaborés d'après les données fournies par l'industrie et rapportées par le CIEEDAC (2003, 2010).

Les coefficients d'émission pour les gaz de pétrole liquéfié (GPL) des raffineries ont été adaptés des coefficients d'émission pour le propane et le butane (McCann, 2000), d'après le mélange de combustible propane/butane mentionné dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC) (Statistique Canada, 2008).

A8.1.2.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (voir le Tableau A8–4) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils repo-

Tableau A8–4 Coefficients d'émission des produits pétroliers raffinés

Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO_2	CH_4	N_2O
Mazout léger			
Centrales électriques – services publics	2 725[1]	0,18[2]	0,031[2]
Industrie	2 725[1]	0,006[2]	0,031[2]
Consommation du producteur	2 643[1]	0,006[2]	0,031[2]
Résidentiel	2 725[1]	0,026[2]	0,006[2]
Foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	2 725[1]	0,026[2]	0,031[2]
Mazout lourd			
Centrales électriques – services publics	3 124[1]	0,034[2]	0,064[2]
Industrie	3 124[1]	0,12[2]	0,064[2]
Consommation du producteur	3 158[1]	0,12[2]	0,064[2]
Résidentiel, foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	3 124[1]	0,057[2]	0,064[2]
Kérosène			
Centrales électriques	2 534[1,3]	0,006[2]	0,031[2]
Industrie	2 534[1,3]	0,006[2]	0,031[2]
Consommation du producteur	2 534[1,3]	0,006[2]	0,031[2]
Résidentiel	2 534[1,3]	0,026[2]	0,006[2]
Foresterie, construction, administration publique, et commercial et industriel	2 534[1,3]	0,026[2]	0,031[2]
Diesel – raffineries et autres	2 663[1]	0,133[2]	0,4[2]
Diesel – usines de valorisation[4]	2 663	0,15	1,1
Coke de pétrole	(see Table A8-5)	0,12[2]	(see Table A8-5)
Gaz de distillation	(see Table A8-5)	N/A	0,00002[2]
Gaz de pétrole liquéfié (GPL) des raffineries	(see Table A8-5)	0,024	0,108
Essence à moteur	2 289[1]	N/A	0,02[6]

Notes :
1. Adapté de McCann (2000)
2. SGA (2000)
3. Coefficient d'émission présumé par McCann (2000) pour le carburéacteur.
4. Coefficients d'émission présumés pour les véhicules à moteur diesel (voir le tableau Tableau A8–11) puisque le diesel est consommé par des camions servant à l'extraction de sables bitumineux.
5. Adapté de coefficients d'émission pour le propane et le butane.
6. Adapté du GIEC/OCDE/AIE (1997).

ND = non disponible

Tableau A8–5 Coefficients d'émission de CO_2 pour le coke de pétrole, le gaz de distillation et les GPL des raffineries

	Coefficient d'émission									
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Coke de pétrole	g/L									
Installations de valorisation[1]	3 556	3 551	3 481	3 494	3 494	3 494	3 494	3 494	3 494	3 494
Raffineries et autres[2]	3 766	3 787	3 711	3 814	3 817	3 820	3 817	3 816	3 826	3 814
Gaz de distillation	g/m^3									
Installations de valorisation[1]	2 310	2 090	2 120	2 140	2 140	2 140	2 140	2 140	2 140	2 140
Raffineries et autres[2]	1 678	1 748	1 683	1 719	1 753	1 760	1 705	1 723	1 700	1 600
GPL des raffineries[3]	g/L									
Toute combustion fixe	1 581	1 597	1 586	1 585	1 591	1 604	1 615	1 613	1 613	1 613

Notes :
1. Adapté de CIEEDAC (2003)
2. Adapté de CIEEDAC (2010)
3. Adapté des coéfficients d'émission pour le propane et le butane.

sent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

On a 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 les GPL des raffineries a été adapté des coefficients d'émission pour le propane et le butane (SGA Energy, 2000).

A8.1.2.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission pour les produits pétroliers raffinés, à l'exception du coke de pétrole, ont été élaborés (voir le Tableau A8–4) 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 (voir le Tableau A8–6) 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 (2008).

Le coefficient d'émission pour les GPL des raffineries a été adapté des coefficients d'émission pour le propane et le butane (SGA Energy, 2000).

A8.1.3. Charbon et produits du charbon

A8.1.3.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 résultant de la combustion du charbon dépendent des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion. Les coefficients d'émission du charbon (voir le tableau A-7) 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, et sur un rendement de combustion de 99,0 % (Jaques, 1992). Les coefficients d'émission ont été revus pour le présent rapport d'après les données d'un projet pluriannuel réalisé conjointement par Environnement Canada et la Commission géologique du Canada.

Les coefficients présentés au Tableau A8–7 ont été élaborés d'après l'analyse statistique 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 CO_2. Les coefficients pour le charbon importé des États-Unis sont issus de l'annexe 2 de l'*Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008* (EPA, 2010).

Tableau A8–6 Coefficients d'émission de N_2O pour le coke de pétrole

	Coefficient d'émission											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001–2011
Coke de pétrole	g/m³											
Installations de valorisation[1,2]	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[1,2]	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 :
1. Adapté de GIEC (2006).
2. Teneur énergétique issue du catalogue n° 57-003 de Statistique Canada (2008)

Tableau A8–7 Coefficients d'émission de CO_2 pour le charbon

Province	Type de charbon	Source	Coefficient d'émission (kg CO_2/tonne)[1,2,3]			
			Moyenne	Incertitude (intervalle de confiance de 95 %)		Humidité (% en poids)
				Bas	Haut	
Terre-Neuve-et-Labrador, Î.-P.-É., Québec, Nouvelle-Écosse (avant 2008)	Bitumineux canadien (est)	N.-É.	2 321	-33%	22%	3,2
Terre-Neuve-et-Labrador, Î-P-É, Québec, Nouvelle-Écosse (2000 et après)	Bitumineux canadien (ouest)	Alberta	2190	-26%	26%	7,7
Nouveau-Brunswick	Bitumineux canadien (est)	N.-B.	2 310	-12%	12%	3,2
Atlantique4	Bitumineux étranger	Extérieur des É.-U.	2 545	-7%	7%	8,3
Ontario	Bitumineux canadien (ouest)	Alberta	2 190	-23%	21%	7,6
Ontario, Québec	Bitumineux étranger	É.-U. (Pennsylvania)	2 600	-7%	7%	N/A
Ontario, Manitoba	Subbitumineux étranger	É.-U. (Wyoming)	1 726	-7%	7%	N/A
Saskatchewan	Lignite	Saskatchewan	1 450	-13%	13%	36
Alberta, Saskatchewan, C.-B.	Subbitumineux canadien (ouest)	Alberta	1 745	-20%	16%	19
Alberta, Saskatchewan, C.-B.	Bitumineux canadien (ouest)	Alberta	2 190	-26%	26%	7,7
Provinces et territoires (tous)	Anthracite	--	2 387	ND	ND	ND

Notes :
1. Coefficients présentés pour le charbon « à l'état humide ». La teneur en humidité est indiquée pour le coefficient d'émission « moyen ».
2. Radovan et al. (2012)
3. Intervalles de confiance de 95 %, déterminés par une analyse statistique des données sur le charbon canadien.
4. Atlantique : provinces Maritimes et Terre-Neuve-et-Labrador

ND = non disponible

Les coefficients d'émission relatifs au coke et au gaz de four à coke sont présentés au Tableau A8–8. Le coefficient d'émission pour le coke a été élaboré d'après les données de l'industrie (Jaques, 1992). Il est représentatif de l'utilisation du coke dans le secteur du ciment, des métaux non ferreux et d'autres industries de fabrication. La valeur du coefficient d'émission pour le gaz de four à coke, quant à elle, provient de McCann (2000) et est représentative de l'utilisation dans le secteur de la sidérurgie.

Tableau A8–8 CO_2 Emission Factors for Coal Products

Produits du charbon – type de combustible	Coefficient d'émission
Gaz de four à coke[1]	687 g/m^3
Coke[2]	2 479 g/kg

Notes :
1. McCann (2000)
2. Adaptation de Jaques (1992)

A8.1.3.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (voir le Tableau A8–9) 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).

A8.1.3.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (voir le Tableau A8–9) 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 A8–9 Coefficients d'émission de CH_4 et de N_2O pour le charbon [1]

Source	Coefficient d'émission	
	CH_4	N_2O
	g/kg	
Charbon		
Centrales électriques – services publics	0,022	0,032
Industrie et centrales de production de chaleur et de vapeur	0,03	0,02
Résidentiel, administration publique	4	0,02
Coke	0,03	0,02
	g/m³	
Coke de four à coke	0,037	,035

Note :
1. SGA Energy (2000)

A8.1.4. Autres combustibles

A8.1.4.1. CO_2

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 CO_2 attribuables à la combustion de sources fixes de combustibles résiduaires 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 CO_2 élaborées par le World Business Council for Sustainable Development (WBSCD, 2005), ont été utilisées pour établir les coefficients d'émission du Tableau A8–10.

A8.1.4.2. CH_4

Les coefficients d'émission de CH_4 pour les combustibles de remplacement sont adaptés des *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

A8.1.4.3. N_2O

Les coefficients d'émission de N_2O pour les combustibles de remplacement sont adaptés des *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

A8.1.5. Combustion mobile

A8.1.5.1. CO_2

Les coefficients d'émission de CO_2 résultant de la combustion de sources mobiles dépendent des propriétés du combustible et sont généralement identiques à ceux qui sont utilisés pour la combustion de sources fixes des combustibles.

A8.1.5.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission de CH_4 propres à chaque usage ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada, et ils sont indiqués au Tableau A8–11. 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 (SGA, 2000). Par la suite, un certain nombre de coefficients d'émission de CH_4 des véhicules routiers ont été peaufinés à partir des résultats actualisés d'essais

Tableau A8–10 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
Combustible résiduaire de l'industrie du ciment	CO_2[1]	78,8	77,6	78,6	80,6	82,6	81,5	81,2	83,8	87,7	86,3	79,2	80,1	80,1
	CH_4[2]	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_2O[2]	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 :
1. Adapté de WBSCD (2005).
2. Adapté du GIEC/OCDE/AIE (1997)

Tableau A8–11 Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'énergie

	Coefficients d'émission (g/L de combustible)		
Usage†	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**
Transport routier			
Véhicules à essence			
Véhicules légers à essence (VLE)			
Niveau 2	2 289[1]	0,14[2]	0,022[3]
Niveau 1	2 289[1]	0,23[4]	0,47[4]
Niveau 0	2 289[1]	0,32[5]	0,66[6]
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 289[1]	0,52[7]	0,20[5]
Système sans catalyseur	2 289[1]	0,46[7]	0,028[5]
Camions légers à essence (CLE)			
Niveau 2	2 289[1]	0,14[2]	0,022[3]
Niveau 1	2 289[1]	0,24[4]	0,58[4]
Niveau 0	2 289[1]	0,21[7]	0,66[6]
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 289[1]	0,43[7]	0,20[5]
Système sans catalyseur	2 289[1]	0,56[5]	0,028[5]
Véhicules lourds à essence			
Catalyseur à trois voies	2 289[1]	0,068[7]	0,20[7]
Système sans catalyseur	2 289[1]	0,29[5]	0,047[5]
Sans dispositif	2 289[1]	0,49[5]	0,084[5]
Motocyclettes			
Système sans catalyseur	2 289[1]	0,77[2]	0,041[2]
Sans dispositif	2 289[1]	2,3[5]	0,048[5]
Véhicules à moteur diesel			
Véhicules légers à moteur diesel (VLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 663[1]	0,051[5]	0,22[5]
Dispositif à efficacité modérée	2 663[1]	0,068[5]	0,21[5]
Sans dispositif	2 663[1]	0,10[5]	0,16[5]
Camions légers à moteur diesel (CLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 663[1]	0,068[5]	0,22[5]
Dispositif à efficacité modérée	2 663[1]	0,068[5]	0,21[5]
Sans dispositif	2 663[1]	0,085[5]	0,16[5]
Véhicules lourds à moteur diesel			
Dispositif perfectionné	2 663[1]	0,11[8]	0,151[8]
Dispositif à efficacité modérée	2 663[1]	0,14[5]	0,082[5]
Sans dispositif	2 663[1]	0,15[5]	0,075[5]
Véhicules au gaz naturel	1.89[1]	9E-03[5]	6E-05[5]
Véhicules au propane	1 510[1]	0,64[5]	0,028[5]
Véhicules hors route			
Véhicules hors route à essence	2 289[1]	2,7[5]	0,050[5]
Véhicules hors route à moteur diesel	2 663[1]	0,15[5]	1,1[5]
Transport ferroviaire			
Trains alimentés au diesel	2 663[1]	0,15[5]	1,1[5]
Transport maritime			
Bateaux à essence	2 289[1]	1,3[5]	0,066[5]
Navires à moteur diesel	2 663[1]	0,15[5]	1,1[5]
Navires alimentés au mazout léger	2 725[1]	0,26[5]	0,073[5]
Navires alimentés au mazout lourd	3 124[1]	0,28[5]	0,079[5]
Transport aérien			
Essence d'aviation	2 342[9]	2,2[9]	0,23[9]
Carburéacteur	2 534[1]	0,038[10]	0,071[11]
Combustibles renouvelables			
Éthanol	1 494[12]	**	**
Biodiesel	2 449[12,13]	***	***

Notes :

† Dans le contexte des modes de transport, les niveaux 0 à 2 désignent les normes de plus en plus strictes de l'EPA des É.-U. 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 niveaux de l'EPA s'appliquent aux véhicules routiers des années de modèles ci-dessous, mais on tient compte d'un certain chevauchement associé à la pénétration de la technologie (voir la Figure A2-2 de l'annexe 2) : Niveau 0 : 1980 à 1995; niveau 1: 1994 à 2003; niveau 2 : 2004 à 2009)

1. Adapté de McCann (2000).
2. Adapté du rapport 04-44 de la DRME d'Environnement Canada (2006).
3. Adapté du rapport 04-44 de la DRME d'Environnement Canada (2006) et de Graham et al. (2009).
4. Adapté du rapport 07-14A de la SRME d'Environnement Canada (2009).
5. SGA Energy (2000).
6. Adapté de Barton & Simpson (1994).
7. ICF (2004).
8. Graham et al. (2008).
9. Jaques (1992).
10. Moyenne globale nationale du coefficient d'émission basée sur les Lignes directrices de 2006 du GIEC (GIEC, 2006). Voir la section A2.4.2.3 de l'annexe 2 pour obtenir davantage d'information.
11. GIEC (2006).
12. Voir les sections 3.4.2.3 et 3.4.2.4 du chapitre 3.
13. BioMer (2005).

*Les coefficients pour les véhicules au diesel dotés de système perfectionné sont utilisés pour le parc de véhicules de niveau 2.

** Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O des moteurs à essence (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour l'éthanol.

*** Les coefficients d'émission pour le CH_4 et le N_2O des moteurs diesel (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour le biodiesel.

de contrôle des émissions réalisés au Canada et aux États-Unis (Environnement Canada, 2006 et 2009; Graham *et al.*, 2008).

Plus de 50 coefficients d'émission de CH_4 pour les carburéacteurs propres aux types d'aéronefs, issus des *Lignes directrices de 2006* du GIEC (GIEC, 2006), sont utilisés dans

le modèle des émissions de niveau 3 de l'aviation civile (MEGASA), mais le Tableau A8–11 présente un coefficient d'émission moyen à l'échelle nationale à des fins de concision. (Voir la section A_2.4.2.3 pour obtenir davantage d'information sur le MEGASA.)

A8.1.5.3. N_2O

Les émissions de N_2O 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 (SGA, 2000). Comme pour les coefficients d'émission de CH_4 présentés à la section A8.1.5.2, un certain nombre de coefficients d'émission de N_2O 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 et 2009; Graham *et al*., 2008 et 2009).

Plus particulièrement, les données d'essai mises à jour ont souligné l'incidence de l'essence à teneur élevée en soufre sur les coefficients d'émission de N_2O : les véhicules alimentés à l'essence à teneur élevée en soufre, pour la majeure partie de leur vie utile, rejettent généralement des concentrations plus élevées de N_2O que ceux qui utilisent de l'essence à faible teneur en soufre (Environnement Canada, 2009).

A8.2. Procédés industriels

A8.2.1. Produits minéraux

Pour estimer les émissions provenant de la production et de l'utilisation de produits minéraux, on a utilisé les coefficients d'émission qui sont présentés au Tableau A8–12.

A8.2.2. Industrie des produits chimiques

Les Tableau A8–13, Tableau A8–14 et Tableau A8–15 présentent les coefficients d'émission utilisés pour les catégories de la rubrique Industrie chimique ainsi que les sources à partir desquelles ils ont été obtenus.

A8.2.3. Production de métaux

Les coefficients d'émission pour l'utilisation du coke métallurgique, propres à chaque année, sont fournis par Cheminfo Services (2010). La gamme de coefficients d'émissions pour le coke métallurgique ainsi que d'autres paramètres utilisés pour l'estimation des émissions du secteur sidérurgique sont présentés au Tableau A8–16.

Tableau A8–12 Coefficients d'émission de dioxyde de carbone (CO_2) pour les produits minéraux

Catégories	Produit minéral	Coefficient d'émission (g CO_2/kg de produit minéral)
Production de ciment	Clinker	507,1[1]
Production de chaux	Chaux à forte teneur en calcium	751[2]
	Chaux dolomitique	889[2]
Utilisation de calcaire et de dolomite	Calcaire	418[3]
	Dolomite	468[3]
Utilisation de carbonate de sodium	Carbonate de sodium	415[3]
Utilisation de magnésite	Magnésite	506[3]

Notes :
1. GIEC/OCDE/AIE (1997).
2. Élaboré à partir de l'information fournie par Kenefick, W. 2008. Communication personnelle (courriel de W. Kenefick à Amy Shen, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute (CLI).
3. AMEC (2006)

Tableau A8–13 Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac

		Coefficient de conversion m^3 gaz naturel/tonne de NH_3	Coefficient d'émission CO_2/ m^3 de gaz naturel
Production d'ammoniac	Utilisation de gaz naturel comme matière première pour la production d'ammoniac	On utilise les coefficients de conversion propre à chaque usine, qui sont des renseignements confidentiels. Voir l'annexe 3.2 pour plus de détails.	On utilise les coefficients d'émission du gaz naturel marchand présentés au Tableau A8–1.

Tableau A8–14 Coefficients d'émission de N_2O pour la production d'acide nitrique et d'acide adipique

Catégorie	Description du processus	Coefficient d'émission de N_2O (kg/t)
Production d'acide nitrique	Installations dotées d'un dispositif d'absorption perfectionné basé sur un procédé à pression double (type 1)	9,4[1]
	Installations dotées d'un dispositif d'absorption perfectionné basé sur un procédé à pression double (type 2)	12[1]
	Installations utilisant un procédé à haute pression avec réduction non sélective catalytique (RNSC)	0,66[1]
	Installations utilisant un procédé à haute pression avec réduction sélective catalytique (RSC)	8,5[2]
Production d'acide adipique	Réaction d'oxydation du mélange de cyclohexanone et de cyclo-hexanol sans assainissement du N_2O	0,3[2]

Notes:
1. Collis, G. (1992). Communication personnelle (lettre de G. Collis à Art Jaques, Division des gaz à effet de serre, datée du 23 mars 1992). Institut canadien des engrais
2. GIEC (2000).

Tableau A8–15 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[1]
Carbure de calcium	4,8 kg CH_4 / t produit	Valeur dérivée de données du GIEC[2]
Noir de carbone	1,29 kg CH_4 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[3]
Éthylène	0,013 kg CH_4 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[3]
	0,0055 kg N_2O / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[3]
Bichloroéthane	0,4 kg CH_4 / t produit	Valeur par défaut du GIEC[1]
Styrène	4 kg CH_4 / t produit	Valeur par défaut du GIEC[1]
Méthanol	0,031 kg CH_4 / t produit	Moyenne pondérée à l'échelle du secteur[3]

Notes :
1. Valeur par défaut du GIEC (2006).
2. Valeur dérivée des données du GIEC (2006). Voir la section 4.10.2.
3. Cheminfo Services (2010).

Tableau A8–16 Coefficients d'émission de CO_2 pour l'industrie de la sidérurgie

Paramètre	Coefficient d'émission	Unité
Réduction du minerai de fer par du coke	3,2–3,3[1]	t CO_2 / t (tonne) de coke utilisé
Consommation des électrodes des FEA	4,53[2]	kg CO_2 / t d'acier
Consommation des électrodes des CBO	0,23[2]	kg CO_2 / t d'acier

Notes :
1. Coefficients d'émission annuels fournis par Cheminfo Services (2010).
2. Fourni par l'Association canadienne des producteurs d'acier. Chan, K. 2009. Communication personnelle (courriel de K. Chan à Maryse Pagé, Division des gaz à effet de serre, daté du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.

Tableau A8–17 Coefficients d'émission de niveau 1 pour la production d'aluminium

Type de technologie cellulaire	Coefficients d'émission[1] (kg /t product)		
	CO_2	Carbon Tetrafluoride (CF_4)	Carbon Hexafluoride (C_2F_6)
Anode précuite du côté de la cellule	1 600	1,6	0,4
Anode précuite du centre de la cellule	1 600	0,4	0,04
Söderberg – Gougeon horizontal	1 700	0,4	0,03
Söderberg – Gougeon vertical	1 700	0,8	0,04

Note :
1. IAI (2006)

Le Tableau A8–17 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. Les valeurs des paramètres des autres types de niveaux qui ont également été utilisés dans l'estimation des émissions provenant de la production d'aluminium se trouvent à la section 4.17.2 du chapitre 4.

A8.2.4. Consommation d'halocarbures

L'utilisation d'halocarbures dans diverses applications, telles que les systèmes de climatisation et de réfrigération, les aérosols, le gonflement de la mousse, les solvants, les systèmes d'extinction des incendies et la fabrication de semiconducteur (pour les PFC seulement), peut entraîner des émissions d'hydrofluorocarbures et de perfluorocarbures (HFC/PFC).

Comme mentionné au chapitre 4, on ne disposait d'aucune donnée détaillée sur les activités productrices de HFC pour l'année 1995. On a donc utilisé la méthode d'estimation de niveau 1, plutôt que la méthode de niveau 2, pour estimer les émissions de HFC en 1995 pour les types d'usage suivants : les aérosols, les mousses, la climatisation FMO, l'entretien des systèmes de climatisation, de réfrigération et d'extinction par saturation. Le Tableau A8–18 présente les coefficients d'émission utilisés dans la méthode d'estimation modifiée de niveau 1, et les hypothèses élaborées pour calculer ces coefficients et les appliquer.

Le tableau Tableau A8–19 résume les taux d'émission qui ont servi à estimer les émissions de HFC de 1996-2011 et les émissions de PFC de 1995-2011.

A8.2.5. Autres productions indifférenciées

L'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières ou à d'autres fins non énergétiques peut entraîner des émissions au cours de la vie des produits manufacturés. Pour estimer les émissions de CO_2, l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques est multipliée par un coefficient d'émission de 38 g de CO_2/m^3. 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

Tableau A8–18 Coefficients d'émission pour la consommation de HFC en 1995

Application	Coefficient d'émission (kg perdu/kg consommé)	Hypothèses
Aérosols	0,8	Pour les produits aérosols, le GIEC (2000) suggère un CE par défaut de 50 % de la charge initiale par année. On a présumé que la production de 1994 correspondait à la moitié de celle de 1995, ce qui signifie que les émissions de la production de 1994, qui sont survenues en 1995 seraient équivalents.
Mousses	1	On a présumé que tous les HFC utilisés en 1995 avaient servi au gonflement de mousses à cellules ouvertes. Selon les *Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC*[1] (GIEC/OCDE/AIE, 1997), les émissions correspondaient à la totalité de la quantité de HFC vendue pour le gonflement des mousses à cellules ouvertes.
Climatisation FMO	0,04	Pour la climatisation FMO, les *Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC*[1] (GIEC/OCDE/AIE, 1997) mentionnent un taux de perte type de 2 à 5 %. On a donc utilisé un taux de perte de 4 %.
Entretien de l'équipement de climatisation	1	Pour l'entretien des systèmes de climatisation, on a présumé que la majeure partie des HFC destinés aux travaux d'entretien ont été utilisés pour compenser les pertes de frigorigènes. Autrement dit, on a présumé que la quantité de HFC qui a servi au remplacement est identique à celle qui a été évacuée. Par conséquent, le taux de perte est de 100 %.
Réfrigération	0,1	Comme le montre l'équation 4-18 du chapitre 4, le coefficient d'émission pour la réfrigération est de (0,17 / 1,17), qui équivaut plus ou moins à 0,1.
Systèmes d'extinction par saturation	0,35	Pour les systèmes d'extinction par saturation, le taux de perte par défaut est de 35 %, comme l'indiquent les *Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC*[1] (GIEC/OCDE /AIE, 1997).

Note :
1. IPCC/OECD/IEA (1997)

Tableau A8–19 Taux d'émission pour la consommation de HFC et de PFC [1]

Application	Taux d'émission des HFC (%)	Taux d'émission des PFC (%)
Assemblage		
Système de réfrigération résidentiel	2 % (de la charge)	3,5 % (de la charge)[2]
Système de réfrigération commercial	3,5 % (de la charge)[2]	
Système de climatisation fixe	3,5 % (de la charge)[2]	3,5 % (de la charge)[2]
Système de climatisation mobile	4,5% (de la charge)[3]	4,5 % (de la charge)[3]
Opération		
Système de réfrigération résidentiel	1 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)	17 % (de la quantité de PFC stockée dans les systèmes actuels)
Système de réfrigération commercial	17 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)	
Système de climatisation fixe	17 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)	17% (de la quantité de PFC stockée dans les systèmes actuels)
Système de climatisation mobile	15 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)[4]	30 % (de la quantité de PFC stockée dans les systèmes actuels)
Autres applications		
Gonflement de mousses – à cellules ouvertes	100 % (des HFC utilisés)	100 % (des PFC utilisés)
Gonflement de mousses – à cellules fermées	10 % de la charge rejetée pendant la fabrication et 4,5 % de la charge initiale de HFC rejetés par année au cours de la durée de vie du produit	10 % de la charge rejetée pendant la fabrication et 4,5 % de la charge initiale de PFC rejetés par année au cours de la durée de vie du produit
Système de suppression des incendies portable	60 % (des HFC utilisés dans les nouveaux systèmes)	SO
Système de suppression des incendies – Systèmes d'extinction par saturation	35 % (des HFC utilisés dans les nouveaux systèmes)	SO
Produits aérosol	50 % (des HFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des HFC utilisés) dans la deuxième année	SO
Solvants	50 % (des HFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des HFC utilisés) dans la deuxième année	50 % (des HFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des HFC utilisés) dans la deuxième année
Autres produits – émissions ponctuelles	SO	1 % de la quantité vendue est émise pendant la fabrication et 2 % de la quantité de PFC stockée est émise par année au cours de la durée de vie du produit
Autres produits – émissions fugitives	SO	50 % (des PFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des PFC utilisés) dans la deuxième année

Notes :
1. GIEC/OCDE/AIE (1997).
2. *Les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC* mentionnent deux plages de valeurs : 2-3 % et 4-5 %. On a utilisé 4–5%. point milieu des deux plages.
3. Les *Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC* suggèrent une plage de valeurs entre 4 et 5 %. On a utilisé la valeur moyenne.
4. Les *Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC* situent les valeurs dans une plage de 10 à 20 %. On a utilisé la valeur moyenne.

SO = sans objet.

à des fins non énergétiques qui proviennent de l'étude réalisée en 2005 par Cheminfo (Cheminfo Services, 2005). Le Tableau A8–20 indique les coefficients d'émission employés pour estimer les émissions de CO_2 résultant respectivement de l'utilisation des liquides de gaz naturel à des fins non énergétiques et des produits pétroliers non énergétiques. (Consulter le coefficient d'émission pour le coke de pétrole, les raffineries et autres au Tableau A8–5 pour obtenir le coefficient d'émission associé à l'utilisation de coke de pétrole à des fins non énergétiques et au Tableau A8–7 pour les coefficients d'émissions du charbon et des produits du charbon utilisés à des fins non énergétiques.)

A8.3. Utilisation des solvants et d'autres produits

Les émissions de N_2O peuvent résulter de son utilisation comme anesthésique et agent propulseur. Les méthodes utilisées pour établir les coefficients d'émission présentés

Tableau A8–20 Coefficients d'émission de CO_2 pour l'utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques

Produit	Fraction de carbone stocké dans les produits	Coefficient d'émission de CO_2 (g CO_2/L)
Liquides du gaz naturel		
Propane	0,8[1]	303[2]
Butane	0,8[1]	349[2]
Ethane	0,8[1]	197[2]
Produits pétroliers		
Matières premières pétrochimiques[3]	0,8[1]	500[7]
Naphthes[4]	0,75[1]	625[7]
Graisses et huiles de lubrication[5]	0,5[1]	1 410[7]
Pétrole utilisé pour d'autres produits[6]	0,5[1]	1 450[7]

Notes :
1. GIEC/OCDE/AIE (1997).
2. McCann (2000).
3. Le coefficient de carbone pour les matières premières pétrochimiques est de 680 g C/L (Jaques 1992).
4. Le coefficient de carbone pour les naphtes est de 680 g C/L (Jaques 1992).
5. Le coefficient de carbone pour les graisses et huiles de lubrification est de 770g C/L (Jaques 1992).
6. Le coefficient de carbone pour le pétrole utilisé dans d'autres produits est de 790 g C/L (Jaques 1992).
7. Le coefficient d'émission de CO_2 résultant est calculé en multipliant le coefficient de carbone pour chaque produit par le rapport entre le poids moléculaire du CO_2 et celui du carbone (44/12) et par (1 fraction de carbone stocké dans les produits).

Tableau A8–21 Coefficients d'émission pour l'utilisation de solvants et d'autres produits

Produit	Application	Taux d'émission de N_2O (%)
Utilisation du N_2O	comme anesthésique	100
	comme agent propulseur	100

Source: GIEC (2006)

au Tableau A8–21 sont décrites dans le chapitre intitulé « Utilisation des solvants et d'autres produits » (chapitre 5) du rapport d'inventaire.

A8.4. Agriculture

Les sources agricoles d'émissions de GES sont la fermentation entérique, la gestion du fumier, la combustion dans le champ des résidus de récolte et les sols agricoles. Les méthodes qui ont permis d'estimer les coefficients d'émission de CH_4 attribuables à la fermentation entérique (pour les bovins seulement) et les émissions liées à la gestion du fumier au Canada sont expliquées en détail à la section A3.3. Les Tableau A8–22 à Tableau A8–25 ci-dessous présentent d'autres coefficients d'émission et des renseignements connexes.

A8.5. Combustion de la biomasse

A8.5.1. CO_2

Les émissions de CO_2 résultant de la combustion de la biomasse (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. Ces émissions sont estimées et consignées comme déperdition des stocks de biomasse dans le secteur ATCATF.

Les émissions relatives à la consommation d'énergie sont déclarées comme postes pour mémoire dans le CUPR selon les prescriptions de la CCNUCC. Les coefficients d'émission pour la combustion résidentielle (voir le Tableau A8–26) dépendent de la technologie.

Les émissions dues à la combustion industrielle de la biomasse dépendent avant tout des caractéristiques du combustible brûlé. Le coefficient d'émission de CO_2 (voir le Tableau A8–26) pour les déchets ligneux industriels a été élaboré à partir de données d'échantillonnage des sources recueillies par l'EPA des É.-U. en unités de lb/MMBTU (un million de BTU; EPA, 2003). Les données de l'EPA ont été converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 50 % au moyen d'un pouvoir calorifique supérieur (PCS) de 10,47 MJ/kg à 50 % d'humidité, qui a été élaboré à partir d'un examen interne des données disponibles sur le taux d'humidité et le pouvoir calorifique. Le coefficient

Tableau A8–22 Coefficients d'émission du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines

Catégories autres que les bovins	Coefficients d'émission attribuables à la fermentation entérique[1] (kg CH_4 par animal, par année)
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
Buffles	55
Volailles	
Poulets	ND
Poules	ND
Dindes	ND

Notes :
1. Coefficients d'émission par défaut du niveau 1 du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997)

ND = Non disponible

Tableau A8–23 Potentiel de production maximale de méthane (B_0) par catégorie animale[1]

Catégorie animale	Potentiel de production maximale de CH_4 (B_0) (m^3/kg SV)[4]
Bovins laitiers[2]	0,24
Bovins non laitiers[3]	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 :
1. Source des données : GIEC (2006), volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A-5 à 10A-9.
2. Les bovins laitiers comprennent les vaches laitières et les génisses laitières.
3. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.
4. SV = solides volatiles

Tableau A8–24 Facteur de conversion en méthane (FCM) par catégorie animale et système de gestion des fumiers[1]

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 laitiers	0,2	0,02	0,01	0,01
Bovins non laitiers[2]	0,2	0,02	0,01	0,01
Porcs	0,2	0,02	SO	0,01
Volailles	0,2	0,015	0,015	SO
Chevaux	SO	0,01	0,01	SO
Chèvres	SO	0,01	0,01	SO
Moutons	SO	0,01	0,01	SO
Agneaux	SO	0,01	0,01	SO

Notes :
1. Source des données : 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).
2. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les buffles.
3. SO = sans objet

Tableau A8–25 Coefficients d'émission pour l'azote du fumier émis sous forme d'azote du N_2O (N_2O-N), par catégorie animale, pour chaque système de gestion des fumiers (GIEC/OCDE/AIE, 1997)

	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	0,001	0,02	0,02	0,005
Bovins laitiers	0,001	0,02	0,02	0,005
Vollailes	0,001	0,02	0,02	0,005
Moutons et agneaux	0,001	0,02	0.01[1]	0,005
Porcs	0,001	0,02	0,02	0,005
Chèvres	0,001	0,02	0.01[1]	0,005
Chevaux	0,001	0,02	0.01[1]	0,005
Buffles	0,001	0,02	0,02	0,005

Source : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableau 11.1

Tableau A8–26 Coefficients d'émission pour la biomasse

Source[1]	Description	Coefficient d'émission (g/kg combustible)		
		CO_2	CH_4	N_2O
Bois de chauffage et déchets ligneux	Combustion industrielle	840[4]	0,09[4]	0,06[4]
Incendies de forêt	Combustion à l'air libre	SO	SO[2]	SO[3]
Brûlages dirigés	Combustion à l'air libre	SO	SO[2]	SO[3]
Liqueurs résiduaires	Combustion industrielle	891[5]	0,02[6]	0,02[6]
Poêles et foyers	Combustion résidentielle			
Poêles à bois classiques		1 696[7]	15[7]	0,16[9]
Foyers classiques avec unité encastrée		1 696[7]	15[7]	0,16[9]
Poêles et foyers perfectionnés ou dotés		1 696[7]	6,9[8]	0,16[9]
de systèmes antipollution catalytiques[9]		1 696[7]	15[7]	0,16[9]
Autres dispositifs de combustion du bois				

Notes :

1. 1. Les émissions de CO_2 résultant de la biomasse brûlée à des fins énergétiques ou agricoles ne sont pas comprises dans les totaux de l'inventaire, tandis que les émissions de CH_4 et de N_2O de ces mêmes sources sont répertoriées dans le secteur de l'énergie. Toutes les émissions de GES, notamment de CO_2 résultant de la biomasse brûlée dans les forêts aménagées (feux de végétation et brûlage dirigé) sont déclarées dans le secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et sont exclues des totaux de l'inventaire national.
2. Le coefficient d'émission du CH_4 équivaut à 1/90 du CO_2. Voir la section A3.4 de l'annexe 3.
3. Le coefficient d'émission du N_2O équivaut à 0,017 % du CO_2. Voir la section A3.4 de l'annexe 3.
4. Adapté de EPA (2003).
5. Adapté de NCASI (2010).
6. Adapté de GIEC (2006).
7. EPA (1996b).
8. Adapté de l'EPA (1996b). Le coefficient d'émission de CH_4 utilisé est une moyenne des coefficients pour les poêles non dotés de systèmes antipollution catalytiques et les poêles dotés de systèmes antipollution catalytiques.

Jacques (1992)

SO = sans objet

d'émission pour les liqueurs résiduaires a été calculé à partir de données recueillies par le National Council for Air and Stream Improvement (NCASI) et basé sur une teneur en carbone pour laquelle 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 50 % d'humidité selon la même relation PCS/taux d'humidité utilisée dans la conversion des coefficients pour les déchets ligneux.

Les émissions de CO_2 surviennent pendant les incendies de forêt et le brûlage dirigé au cours des activités de conversion des forêts. Le carbone émis sous forme de CO_2 (CO_2-C) durant les incendies de forêt est comptabilisé dans le bilan du carbone forestier, tandis que le CO_2-C émis durant le brûlage dirigé est déclaré dans les nouvelles catégories d'affectation des terres. Il n'existe pas de coefficient d'émission de CO_2 unique qui s'applique à tous les feux, car la proportion de CO_2-C émis dans chaque bassin

peut être propre au bassin, aux types de forêts et aux perturbations de même qu'à la zone écologique (voir la section A3.4.2).

A8.5.2. CH_4

Les émissions de CH_4 résultant de la combustion résidentielle de bois de chauffage dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission sont extraits ou adaptés du supplément B de l'AP 42 de l'EPA des États-Unis (EPA, 1996b).

Les émissions dues à la combustion industrielle de la biomasse dépendent principalement des caractéristiques du combustible. Le coefficient d'émission (voir le Tableau A8–26) de CH_4 pour les déchets ligneux industriels a été élaboré au moyen de données d'échantillonnage des sources recueillies par l'EPA des États-Unis en unités de lb/MMBTU (EPA, 2003) et converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 50 %, comme l'indique la section A8.5.1. Le coefficient d'émission de CH_4 pour les liqueurs résiduaires est adapté du GIEC (2006). Il a été converti, à partir des unités fournies par le GIEC (kg/TJ PCI), en kg/tonne à 50 % d'humidité d'après l'hypothèse voulant que le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est de 20 % inférieur au PCS et selon la même relation PCS/taux d'humidité dont il est question à la section A8.5.1.

Les coefficients d'émission pour les gaz d'enfouissement (voir le Tableau A8–27) sont adaptés du GIEC (2006).

Les émissions de carbone sous forme de CH_4 (CH_4-C) résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé sont toujours égales à 1/90 des émissions de CO_2-C.

A8.5.3. N_2O

Les émissions de N_2O résultant de la combustion résidentielle de bois de chauffage dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (voir le Tableau A8–26) ont été choisis en fonction d'un examen des coefficients d'émission des technologies de combustion et d'une analyse des technologies de combustion généralement utilisées au Canada (Jaques, 1992).

Les émissions associées à la combustion industrielle de la biomasse dépendent principalement des caractéristiques du combustible. Le coefficient d'émission (voir le Tableau A8–26) pour les déchets ligneux industriels a été élaboré au moyen de données d'échantillonnage des sources recueillies par l'EPA des États-Unis en unités de lb/MMBTU (EPA, 2003) et converties en kg/tonne à un taux d'humidité de 50 %, comme l'indique la section A8.5.2. Le coefficient d'émission pour les liqueurs résiduaires est adapté du GIEC (2006). Il a été converti, à partir des unités fournies par le GIEC (kg/TJ PCI), en kg/tonne à 50 % d'humidité d'après l'hypothèse voulant que le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est de 20 % inférieur au PCS et selon la même relation PCS/taux d'humidité dont il est question à la section A8.5.1.

Les coefficients d'émission pour les gaz d'enfouissement (voir le Tableau A8–27) sont adaptés du GIEC (2006).

Les émissions de N_2O résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé équivalent à 0,017 % vol/vol des émissions de CO_2. Étant donné que les deux gaz ont le même poids moléculaire, le même rapport peut être appliqué selon la masse (voir la section A3.4.2).

A8.6. Déchets

A8.6.1. Traitement des eaux usées municipales – Eaux usées

A8.6.1.1. CH_4

Les émissions attribuables au traitement des eaux usées municipales dépendent de la charge organique de l'effluent, de la population et du type de traitement. Le coefficient d'émission, en l'occurrence, est le produit du facteur de correction du méthane, qui est une estima-

Tableau A8–27 Coefficients d'émission pour la combustion des gaz d'enfouissement

Source	Description	Coefficient d'émission (kg /t)		
		CO_2	CH_4	N_2O
Gaz d'enfouissement	Combustion industrielle	2 752	0,05	0,005

Source : Adapté de GIEC (2006), volume 2, Énergie, tableau 2.2.

tion de la fraction de la BDO qui se dégradera par voie anaérobie (FCM), et de la capacité maximale de production de méthane (B_0), qui est exprimée en kg CH_4/kg de BDO enlevée. Une étude récente d'AECOM Canada (2010) commandée par Environnement Canada recommande que les valeurs suivantes soient utilisées au Canada : un FCM de 0,3, soit un mélange représentant la proportion canadienne de fosses septiques, de bassins anaérobies et d'effluents non traités ainsi que le degré de dégradation des matières organiques prévu par le traitement ou le déversement, et un B_0 de 0,36 kg CH_4/kg DBO_5. Par conséquent, le coefficient d'émission est de 0,108 kg CH_4/kg DBO_5.

Le coefficient d'émission par défaut de 0,6 kg CH_4/kg DBO du GIEC n'a pas utilisé, car l'étude d'AECOM a confirmé que l'écart de celui-ci par rapport à la valeur 0,25 kg CH_4/kg DCO était erroné.

A8.6.2. Traitement des eaux usées municipales – Déchets humains

A8.6.2.1. N_2O

Les émissions de N_2O attribuables aux déchets humains dépendent de la consommation de protéines par habitant, de la population et de la teneur en azote des protéines. Le coefficient d'émission utilisé est la valeur par défaut du GIEC de 0,01 kg N_2O-N/kg d'azote des déchets humains (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

A8.6.3. Incinération des déchets

A8.6.3.1. Émissions de CH_4 attribuables à l'incinération de boues d'épuration

Les émissions de CH_4 attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont estimées au moyen d'un coefficient d'émission de 1,6 kg CH_4/tonne de boues d'épuration, qui provient de l'EPA des États.-Unis. (1995).

A8.6.3.2. Émissions de N_2O attribuables à l'incinération de DSM

Les estimations des émissions attribuables à l'incinération des déchets solides municipaux (DSM) sont calculées à partir d'un coefficient d'émission moyen par défaut du GIEC pour cinq incinérateurs de DSM de 0,148 kg N_2O/tonne de déchets (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Pour l'incinération des boues d'épuration, le coefficient d'émission provient des Lignes directrices du GIEC et présente une valeur de 0,8 kg N_2O/tonne de boues d'épuration.

A8.6.3.3. Émissions de CH_4 attribuables à l'incinération de déchets dangereux

En l'absence de valeur par défaut du GIEC, le coefficient d'émission utilisé pour estimer les émissions de CH_4 produites par les incinérateurs de déchets dangereux est fondé sur les mesures d'émissions tirées des données fournies par une installation située au Canada, dans le cadre d'une enquête bisannuelle sur l'incinération des déchets réalisée par Environnement Canada (Environment Canada, 2010). D'après les émissions de CH_4 et les quantités de déchets dangereux incinérés en 2009, on a estimé que le coefficient d'émission était de $1{,}695 \times 10^{-4}$ kt CH_4/kt de déchets dangereux.

A8.6.3.4. Émissions de N_2O attribuables à l'incinération de déchets dangereux

En l'absence de valeur par défaut du GIEC, et de façon similaire à ce qui est décrit à la section A8.6.3.3 relativement au calcul de CH_4 provenant de cette source, le coefficient d'émission de N_2O est fondé sur la série de données fournie par cette même installation (Environnement Canada, 2010). D'après les émissions de N_2O et les quantités de déchets dangereux incinérés, on a estimé que le coefficient d'émission était de $3{,}164 \times 10^{-4}$ kt CH_4/kt de déchets dangereux.

A8.6.3.5. Émissions de CO_2 attribuables à l'incinération de déchets dangereux

Pour l'estimation du coefficient d'émission de CO_2 attribuable à l'incinération de déchets dangereux, on a utilisé les valeurs par défaut du GIEC (GIEC, 2000) sur la teneur en carbone et sur le carbone fossile sous forme de pourcentage de carbone total, soit 50 % et 90 % respectivement, de déchets dangereux. Le coefficient d'émission est alors de 1,65 kt CO_2/kt de déchets dangereux.

Annexe 9

Protocole d'arrondissement

Un protocole d'arrondissement a été élaboré pour les estimations des émissions et absorptions afin de tenir compte de leur niveau d'incertitude. L'exactitude des données se reflète dans le nombre de chiffres significatifs utilisés, selon l'incertitude associée à la catégorie en cause. Le nombre de chiffres significatifs retenu pour chaque catégorie de source et de puits, selon les règles d'arrondissement dictées par le protocole, est présenté au Tableau A9–1.

Un grand nombre de plages du degré d'incertitude utilisées pour diverses catégories ont été, pour la plupart, établies par l'analyse Monte Carlo, telles que mises en œuvre par ICF Consulting (ICF 2004, 2005), à l'aide des estimations de l'inventaire de 2001 (présentées dans le RIN de 2003). Les valeurs du degré d'incertitude par défaut publiées par le GIEC (GIEC/OCDE/AIE 1997; GIEC 2001), et celles retenues selon les avis d'expert ont également été utilisées pour certaines plages. Les plages du degré d'incertitude ont été calculées à partir des valeurs moyennes, déterminées par l'analyse Monte Carlo. Quand les plages du degré d'incertitude présentaient une asymétrie par rapport à la moyenne, on a utilisé la plage qui présentait le plus grand écart absolu par rapport à celle ci pour représenter cette incertitude.

Pour une description plus détaillée de l'analyse de l'incertitude des estimations d'émissions au Canada, veuillez consulter l'annexe 7 où se trouvent des tableaux des valeurs actuelles de l'incertitude. On trouve des mises à jour des estimations de l'incertitude dans les chapitres des secteurs respectifs.

Les valeurs suivantes des plages d'incertitude ont servi à déterminer le nombre de chiffres significatifs auquel les estimations ont été arrondies :

- un chiffre significatif : incertitude supérieure ou égale à 50 %;
- deux chiffres significatifs : incertitude entre 10 % et 50 %;
- trois chiffres significatifs : incertitude inférieure ou égale à 10 %

Tous les calculs, y compris la compilation des totaux d'émissions, sont fondés sur des données non arrondies. Le protocole d'arrondissement n'a été appliqué aux estimations qu'à l'issue des calculs. À noter par ailleurs que, pour des raisons de formatage, le nombre de décimales des valeurs présentées aux annexes 12 et 14 est limité. C'est pourquoi la présence d'un tiret (–), indiquant une valeur de zéro, ne signifie pas nécessairement l'absence totale d'émissions dans la catégorie visée. Par conséquent, il se peut que l'addition des valeurs individuelles des tableaux ne corresponde pas aux sous totaux ni aux totaux.

Tableau A9–1 Nombre de chiffres significatifs appliqués aux tableaux-synthèses des GES

Catégories de sources et de puits de gaz à effet de serre		Nombre de chiffres significatifs						
		CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	TOTAL
TOTAL		**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**
ÉNERGIE		**3**	**2**	**1**				**3**
a.	Sources fixes	3	1	1				3
	Production d'électricité et de chaleur	3	2	1				3
	Industries des combustibles fossiles	3	1	1				2
	Raffinage et valorisation du pétrole	2	1	1				2
	Production de combustibles fossiles	3	1	1				2
	Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole	3	1	1				3
	Industries manufacturières	3	1	1				3
	Sidérurgie	3	1	1				3
	Métaux non ferreux	3	1	1				3
	Produits chimiques	3	2	1				3
	Pâtes et papiers	3	1	1				3
	Ciment	3	1	1				3
	Autres	3	1	1				3
	Construction	3	1	1				3
	Commercial et institutionnel	3	1	1				3
	Résidentiel	3	1	1				2
	Agriculture et foresterie	3	1	1				3
b.	Transport	3	1	1				3
	Transport aérien intérieur	3	1	1				2
	Transport routier	3	2	2				3
	Véhicules légers à essence	3	2	2				3
	Camions légers à essence	3	2	2				3
	Véhicules lourds à essence	3	2	2				3
	Motocyclettes	3	2	2				3
	Véhicules légers à moteur diesel	3	1	1				3
	Camions légers à moteur diesel	3	1	1				3
	Véhicules lourds à moteur diesel	3	1	1				3
	Véhicules au propane et au gaz naturel	3	1	1				2
	Transport ferroviaire	3	1	1				1
	Transport maritime intérieur	3	1	1				2
	Autres	2	1	1				2
	Véhicules hors route à essence	2	1	1				2
	Véhicules hors route à moteur diésel	2	1	1				2
	Pipelines	3	2	1				3
c.	Sources fugitives	3	3	1				3
	Exploitation de la houille		1					1
	Pétrole et gaz naturel	3	3	1				3
	Pétrole	2	3	1				3
	Gaz naturel	3	3					3
	Évacuation	3	3	1				3
	Torchage	2	2	1				2
PROCEDES INDUSTRIELS		**2**		**3**	**2**	**2**	**2**	**3**
a.	Production de minéraux	2						2
	Ciment	2						2
	Production de chaux	2						2
	Utilisation de produits minéraux	3						3
b.	Industrie chimique	2		3				2
	Production d'ammoniac	2						2
	Production d'acide nitrique			3				3
	Production d'acide adipique			2				2
	Production pétrochimique		2	2				2
c.	Production de métaux	3				2	3	3
	Sidérurgie	3						3
	Production d'aluminium	2				2	3	2
	SF_6 utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium						3	3
d.	Consommation d'halocarbures et de SF_6				2	1	2	2
e.	Autres procédés et procédés indifférenciés	2						2
UTILISATION DES SOLVANTS ET D'AUTRES PRODUITS				**2**				**2**
AGRICULTURE			**2**	**2**				**2**
a.	Fermentation entérique		2					2
b.	Gestion des fumiers		2	2				2
c.	Sols agricoles			2				2
	Sources directes			2				2
	Fumiers des pâturages, grands parcours et enclos			2				2
	Sources indirectes			1				1
d.	Incinération des résidus agricoles dans les champs		2	2				2
DÉCHETS		**2**	**2**	**1**				**2**
a.	Enfouissement des déchets solides		2					2
b.	Épuration des eaux		2	1				2
c.	Incinération des déchets	2	1	1				2
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		**2**	**2**	**2**				**2**
a.	Terres forestières	2	2	2				2
b.	Terres cultivées	2	1	1				2
c.	Prairies							
d.	Terres humides	1	1	1				1
e.	Zones de peuplement	1	1	1				1

Annexe 10

Ozone et précurseurs d'aérosols

L'annexe 10 présente les tableaux-synthèses nationaux de 2011 pour les SOx, les NO_x, le CO et les COVNM (voir le Tableau A10–1). Les émissions de ces gaz sont déclarés[1] à la Commission économique des Nations Unies pour l'environnement (CEE-ONU) en vertu de la Convention des Nations Unies sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Tel que recommandé à la Conférence des Parties de la CCNUCC (FCCC/SBSTA/2006/9 – CCNUCC, 2006), les Parties visées à l'Annexe I doivent fournir des renseignements sur les gaz à effet de serre à action indirecte tels que le CO, les NO_x, les COVNM ainsi que les SO_x dans leur rapport d'inventaire national.

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 ou stratosphérique ou encore influer sur l'absorption du rayonnement terrestre dans le cas des SO_x. Ces gaz peuvent avoir des répercussions sur le climat en se comportant comme des GES de courte durée et en modifiant le temps de survie dans l'atmosphère d'autres GES et ils peuvent former de nouveaux GES, par exemple lorsque le CO réagit avec un radical hydroxyle pour former du CO_2 dans l'atmosphère. Ces émissions sont produites par un certain nombre de sources, dont la combustion de combustibles fossiles, notamment dans les secteurs de l'énergie et du transport, de la production industrielle et de la combustion de la biomasse.

1 Les données présentées à la CCNUCC sont disponibles en ligne à l'adresse suivante : www.ceip.at (site en anglais seulement).

Tableau A10–1 Sommaire des émissions de 2010 de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques et d'oxyde de soufre pour le Canada

Secteurs de NCPR en vertu de la CPATL[1]		CO	NO_x	NMVOC	SO_x
		kt			
1 A 1 a	Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	43,19	184,71	1,60	285,82
1 A 1 b	Raffinage du pétrole	14,45	14,05	0,72	42,06
1 A 1 c	Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	411,84	430,82	37,14	229,24
1 A 2 a	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : sidérurgie	1,80	7,31	0,05	9,65
1 A 2 b	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : métaux non ferreux	11,12	0,82	0,06	1,73
1 A 2 c	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : produits chimiques	1,05	5,36	0,41	5,39
1 A 2 d	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : pâtes, papiers et imprimerie	305,28	25,38	23,72	20,99
1 A 2 e	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction: transformation des aliments, boissons et tabac	0,27	0,66	0,01	0,54
1 A 2 f i	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction: autre (Please specify in your IIR)	57,01	44,12	2,78	28,06
1 A 2 f ii	Combustion de sources mobiles dans les industries manufacturières et la construction (Please specify in your IIR)	IE	IE	IE	IE
1 A 3 a ii (i)	Aviation civile (vols intérieurs, LTO)	28,52	9,16	7,66	0,97
1 A 3 a i (i)	Aviation internationale (LTO)	IE	IE	IE	IE
1 A 3 b i	Transport routier : automobiles	1674,22	71,66	85,30	0,68
1 A 3 b ii	Transport routier : véhicules légers	1679,32	90,19	88,58	0,79
1 A 3 b iii	Transport routier : véhicules lourds	104,94	183,72	13,64	0,67
1 A 3 b iv	Transport routier : mobylettes et motos	21,13	1,26	3,08	0,00
1 A 3 b v	Transport routier : évaporation d'essence	NA	NA	IE	NA
1 A 3 b vi	Transport routier : usure des pneus et des freins des automobiles	NA	NA	NA	NA
1 A 3 b vii	Transport routier : usure abrasive des automobiles	NA	NA	NA	NA
1 A 3 c	Transport ferroviaire	16,13	94,36	2,76	0,47
1 A 3 d i (ii)	Voies navigables intérieures internationales	IE	IE	IE	IE
1 A 3 d ii	Navigation nationale (expédition)	10,40	124,20	4,11	86,28
1 A 3 e	Compresseurs de pipelines	IE	IE	IE	IE
1 A 4 a i	Commercial et institutionnel : sources fixes	20,08	35,42	1,47	38,47
1 A 4 a ii	Commercial et institutionnel : sources mobiles	IE	IE	IE	IE
1 A 4 b i	Résidentiel : unité fixe	688,61	43,29	150,19	8,74
1 A 4 b ii	Résidentiel : entretien ménager et jardinage (sources mobiles)	IE	IE	IE	IE
1 A 4 c i	Agriculture, foresterie et pêche : sources fixes	IE	IE	IE	IE
1 A 4 c ii	Agriculture, foresterie et pêche : véhicules hors route et autre machinerie	2743,96	410,97	260,16	0,36
1A 4 c iii	Agriculture, foresterie et pêche : pêches nationales	IE	IE	IE	IE
1 A 5 a	Autre, matériel fixe (y compris militaire)	IE	IE	IE	IE
1 A 5 b	Autre, matériel mobile (y compris le matériel militaire, les navires basés à terre et les bateaux de plaisance)	IE	IE	IE	IE
1 B 1 a	Émissions fugitives des combustibles solides : extraction et manutention du charbon	0,08	0,33	0,14	0,05
1 B 1 b	Émissions fugitives des combustibles solides : transformation des combustibles solides	0,78	1,53	6,72	11,03
1 B 1 c	Autres émissions fugitives de combustibles solides	0,87	0,93	2,57	0,30
1 B 2 a i	Exploration, production, transport	NA	NA	0,00	0,00
1 B 2 a iv	Raffinage, stockage	3,68	3,84	39,92	13,65
1 B 2 a v	Distribution de produits pétroliers	NA	NA	53,68	0,00
1 B 2 b	Gaz naturel	NA	NA	449,69	0,00
1 B 2 c	Évacuation et torchage	23,26	23,46	2,06	29,50
1 B 3	Autres émissions fugitives de production d'énergie géothermique, tourbe et autres activités d'extraction de l'énergie ne figurent pas dans 1 B 2	IE	IE	IE	IE
2 A 1	Production de ciment	10,58	21,34	0,24	14,05
2 A 2	Production de chaux	1,92	3,34	0,02	1,14
2 A 3	Utilisation de calcaire et de dolomite	NA	NA	NA	NA
2 A 4	Production et utilisation de carbonate de sodium	NA	NA	NA	NA
2 A 5	Couverture asphalté	0,00	NA	0,00	NA
2 A 6	Asphaltage des routes	3,52	1,11	4,49	0,51
2 A 7 a	Exploitation des carrières et extraction de minerai autre que le charbon	0,75	0,97	0,11	0,18
2 A 7 b	Construction et démolition	NA	NA	NA	NA
2 A 7 c	Stockage, manutention et transport de produits minéraux	NA	NA	NA	NA
2 A 7 d	Autres produits minéraux (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	0,62	0,20	0,13	0,88
2 B 1	Production d'ammoniac	3,27	8,22	0,60	2,47
2 B 2	Production d'acide nitrique	NA	IE	NA	NA
2 B 3	Production d'acide adipique	IE	IE	NA	NA
2 B 4	Production de carbure	IE	IE	IE	IE
2 B 5 a	Autre industrie chimique (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	8,50	9,03	6,93	8,36
2 B 5 b	Stockage, manutention et transport de produits chimiques (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	IE	IE	IE	IE
2 C 1	Sidérurgie	19,76	4,06	1,43	19,04
2 C 2	Production de ferroalliages	48,86	0,14	7,45	0,05

Notes :
1. Secteurs de nomenclature commune pour la présentation des rapports (NCPR) en vertu de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (CPATLD)
2. Y compris le NH3 provenant de la fermentation entérique et les émissions attribuables à la culture du riz.
3. Y compris les sources de PM.
4. Exclut l'incinération des déchets à des fins énergétiques (compris dans 1 A 1) et dans l'industrie (lors de l'utilisation comme carburant).
5. Inclut les feux accidentels.
6. Le total national fait référence au territoire déclaré lors de la ratification du protocole approprié de la Convention sur CPATLD.

S/O = sans objet; NE = Non estimé; EI = émissions inexistantes; IA = inclus ailleurs; LTO = atterrissage et décollage; POP = polluants organiques persistants

Tableau A10-1 Sommaire des émissions de 2010 de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques et d'oxyde de soufre pour le Canada (continué)

Secteurs de NCPR en vertu de la CPATLD[1]		CO	NO_x	NMVOC	SO_x
		kt			
2 C 3	Production d'aluminium	385,79	0,62	0,80	67,26
2 C 5 a	Production de cuivre	0,00	0,00	0,00	0,00
2 C 5 b	Production de plomb	0,00	0,00	0,00	0,00
2 C 5 c	Production de nickel	0,00	0,00	0,00	0,00
2 C 5 d	Production de zinc	IE	IE	IE	IE
2 C 5 e	Autre production de métaux (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	0,21	0,79	0,95	331,72
2 C 5 f	Stockage, manutention et transports de produits métallurgiques (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	IE	IE	IE	IE
2 D 1	Pâtes et papiers	44,81	13,46	15,57	6,25
2 D 2	Aliments et boissons	NA	NA	2,31	NA
2 D 3	Transformation du bois	17,54	3,02	32,33	0,16
2 E	Production de POP	0,00	0,00	0,00	0,00
2 F	Consommation de POP et de métaux lourds (p. ex., équipement électrique et scientifique)	NA	NA	NA	NA
2 G	Autre production, consommation, stockage, transport ou manutention de produits en vrac (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	5,79	1,73	46,13	1,15
3 A 1	Application de revêtement décoratif	NA	NA	IE	NA
3 A 2	Application de revêtement industriel	NA	NA	IE	NA
3 A 3	Autre application de revêtement	NA	NA	77,40	NA
3 B 1	Dégraissage	NA	NA	253,54	NA
3 B 2	Nettoyage à sec	NA	NA	0,23	NA
3 C	Produits chimiques	0,00	0,00	0,92	0,00
3 D 1	Imprimerie	NA	NA	40,06	NA
3 D 2	Utilisation domestique de solvant, incluant les fongicides	NA	NA	IE	NA
3 D 3	Autre utilisation de produits	0,00	0,00	0,00	0,00
4 B 1 a	Bovins laitiers	NA	0,00	39,83	NA
4 B 1 b	Bovins de boucherie	NA	0,00	206,12	NA
4 B 2	Bisons	NA	NE	NE	NA
4 B 3	Moutons	NA	0,00	1,29	NA
4 B 4	Chèvres	IE	0,00	IE	NA
4 B 6	Chevaux	NA	0,00	1,86	NA
4 B 7	Mules et ânes	NA	0,00	0,00	NA
4 B 8	Porcs	NA	0,00	2,36	NA
4 B 9 a	Poules pondeuses	NA	0,00	0,06	NA
4 B 9 b	Poulets à griller	NA	0,00	0,14	NA
4 B 9 c	Dindes	NA	0,00	0,02	NA
4 B 9 d	Autres Volailles	NA	0,00	0,22	NA
4 B 13	Autre	NA	0,00	0,00	NA
4 D 1 a	Engrais azotés synthétiques[2]	NA	0,00	0,00	NA
4 D 2 a	Activités agricoles sur la ferme, incluant le stockage, la manutention et le transport de produits agricoles	NA	NA	NA	NA
4 D 2 b	Stockage, manutention et transport de produits agricoles en vrac à l'extérieur de la ferme	0,14	0,21	2,89	0,12
4 D 2 c	Excrétion d'azote sur les pâturages, les grands parcours et les enclos - non spécifié (Veuillez préciser les sources inclus / exclus dans la colonne des notes à droite)	NA	0,00	NA	NA
4 F	Brûlage sur place des déchets agricoles	0,00	0,00	0,00	0,00
4 G	Autre - Agriculture[3]	IE	IE	IE	IE
6 A	Enfouissement des déchets solides	NA	NA	8,53	NA
6 B	Épuration des eaux usées	NA	NA	IE	NA
6 C a	Incinération des déchets cliniques[4]	IE	IE	IE	IE
6 C b	Incinération des déchets industriels[4]	1,90	0,67	0,65	0,54
6 C c	Incinération des déchets municipaux[4]	5,17	3,50	1,40	2,13
6 C d	Incinération	0,02	0,02	0,00	0,01
6 C e	Brûlage des déchets à petite échelle	11,51	0,82	4,11	0,14
6 D	Autres déchets[5]	0,56	0,65	0,47	0,07
7 A	Autre (inclut dans le total national de l'ensemble du territoire)	13,80	0,36	2,56	0,00
Total national de l'ensemble du territoire[6]		**8446,99**	**1881,83**	**2002,39**	**1271,68**

Notes :
1. Secteurs de nomenclature commune pour la présentation des rapports (NCPR) en vertu de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (CPATLD)
2. Y compris le NH3 provenant de la fermentation entérique et les émissions attribuables à la culture du riz.
3. Y compris les sources de PM.
4. Exclut l'incinération des déchets à des fins énergétiques (compris dans 1 A 1) et dans l'industrie (lors de l'utilisation comme carburant).
5. Inclut les feux accidentels.
6. Le total national fait référence au territoire déclaré lors de la ratification du protocole approprié de la Convention sur CPATLD.

S/O = sans objet; NE = Non estimé; EI = émissions inexistantes; IA = inclus ailleurs; LTO = atterrissage et décollage; POP = polluants organiques persistants.

Références

Annexe 1, Catégories clés

GIEC. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. 2000. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne à l'adresse : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

GIEC. Recommandations du GIEC en matière d'utilisation des terres, changement d'utilisation des terres et foresterie. 2003. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne à l'adresse http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm

Annexe 2, Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles

AMS. Aircraft Movement Statistics. 2012. Ottawa (Ontario). Extraits d'une base de données de Rose Krakower, données de Statistique Canada, du 1er novembre 1996 à 2011;personnel de Transports Canada pour les années de 1990 au 31 octobre 1996.

BADA. Base of Aircraft Data. 2009. Version 3.7. France. Eurocontrol Experimental Centre. Disponible en ligne : www.eurocontrol.int.

Cadieux, Jean Yves. 2006. AMS Lookup Tables. Transports Canada.

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 (Ont.). CF Group Inc. Avril.

CIEEDAC. Canadian Industrial Energy End-use Data Analysis Centre. 2012. A Review of Energy Consumption and Related Data : Canadian Cement Manufacturing Industry 1990 to 2010. Rapport préparé par Nyboer et Jaccard pour l'Association canadienne du ciment.

CIMC. Conseil de l'industrie de la motocyclette et du cyclomoteur. Rapport 2010 sur les statistiques annuelles de l'industrie des motocyclettes, des scooters et des véhicules tout terrain. Disponible à l'adresse http://mmic.ca/images/content/PDF/rapport%202009%20statistiques%20annuelles%20cvhr%20cimc.pdf.

DesRosiers. Canadian Vehicles in Operation Census (CVIOC). Rapports annuels préparés par DesRosiers Automotive Consultants.

EMEP/CORINAIR. European Monitoring and Evaluation Programme/The Core Inventory of Air Emissions in Europe. 2006. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Group 8. Air Traffic. Version 2.3. Agence européenne pour l'environnement. Disponible à l'adresse http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/page017.html.

Environnement Canada. 1999. 1995 Criteria Contaminants Emissions Inventory Guidebook. Version 1, Section 2.4, Groupe de travail sur les émissions et les projections, Division des principaux contaminants atmosphériques, Environnement Canada.

EPA. United States Environmental Protection Agency (Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis). 2011. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2008. Washington (DC) : Environmental Protection Agency, États-Unis.

FAA. 2009. FAA Airports. Federal Aviation Administration. Disponible en ligne : http://www.faa.gov/airports/airport_safety/airportdata_5010/menu/index.cfm.

Fleming, Gregg. 2008a. Canada OD Pairs grt10flts.xls. Federal Aviation Administration.

Fleming, Gregg. 2008b. SAGE Airport Codes and Locations. Federal Aviation Administration.

Fleming, Gregg. 2008c. CAEP8 Goals Operations Round1. Modeling and Database Task Force.

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.

GIEC. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, préparées par le Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Eggleston H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara et K. Tanabe (dir.). Publié par IGES, Japon. Disponible à l'adresse http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html.

GIEC/OCDE/AIE. 1997. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996, vol. 1. Disponible à l'adresse http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm.

Manning, Gillian. 2007. Extrait des travaux de l'auteur. Version 3. Environment Canada.

Maples, J.D. 1993. The Light-Duty Vehicle MPG Gap : Its Size Today and Potential Impacts in the Future, University of Tennessee Transportation Centre, Knoxville, Tennessee, États-Unis.

McCann, T.J. 2000. 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors. Préparé par TJ McCann and Associates Ltd. et Clearstone Engineering Ltd. pour Environment Canada. Mars.

NAV Canada. 2009. Supplément de vol Canada (Ont.). NAV Canada. 1 090 p.

OACI. Organisation de l'aviation civile internationale. 2009. Engine Emissions Databank. Version 16A. Civil Aviation Authority. Disponible à l'adresse http://www.caa.co.uk/default.aspx?catid=702.

OACI. Organisation de l'aviation civile internationale. 2008. ICAO Carbon Emissions Calculator. Report on Methodology.

Polk, R. L. Vehicles in Operation (VIO) Database. Compilé par R.L. Polk et al., Southfield, Michigan, États-Unis.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2010. Modèle d'utilisation finale pour le secteur des transports (calculs TPCC). Ressources naturelles Canada.

Statistique Canada. 1995. Équipement ménager. Division du revenu et des dépenses des consommateurs. N° 64-202 au catalogue (publication révolue).

Statistique Canada. 2011. Enquête annuelle sur la consummation industrielle d'énergie 9(CIE). Questionnaire disponible à l'adresse : http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV.pl?Function=getSurvey&SDDS=5047&Item_Id=44545&lang=en

Statistique Canada. 2012. Consommation des combustibles pour la production d'électricité, centrales thermiques des services d'électricité, tableaux CANSIM 127-0004 à 127-0006.

Statistique Canada. Base de données CANSIM, tableau 405-0002 : Véhicules automobiles, ventes de carburants, annuel (litres). Disponible en ligne : http://cansim2.statcan.ca.

Statistique Canada. Enquête sur les véhicules au Canada (EVC) : annuel, n° 53-223-XIF au catalogue.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (publication annuelle), n° 57-003-XIB au catalogue.

Stewart Brown Associates. 2010. Generating Statistics on the Canadian On-Road Vehicle Fleet Profile.

TFIS Inc. 2011. Canadian Liquid Transportation Biofuels Production and Consumption Information. Rapport non publié préparé par TFIS Inc. pour la Division des principaux contaminants atmosphériques d'Environnement Canada.

World Business Council for Sustainable Development. 2005. CO_2 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.

Annexe 3.1, Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

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. CH_4 and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry, Vol. 1 et 2. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd. Publication No 1999 0010.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005a. A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H_2S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry, Vol. 1 5. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd. Janvier.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005b. Extrapolation of the 2000 UOG Emission Inventory to 2001, 2002 and 2003. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2006. An Inventory of GHGs, CACs, and H_2S Emissions by the Canadian Bitumen Industry: 1990 to 2003. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2012. Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry. [mis à jour : sept. 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.capp.ca/library/statistics/handbook/Pages/default.aspx#guXHeU7LDhLS.

ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2011. Field Surveillance and Operations Branch Provincial Summary 2010 : ST57 2011. Disponible à l'adresse : http://www.ercb.ca/data-and-publications/statistical-reports/st57.

ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2012a. Alberta Drilling Activity, Monthly Statistics, December 2011 : ST59 2011. Disponible à l'adresse : http://www.ercb.ca/data-and-publications/statistical-reports/st59.

ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2012b. Alberta's Energy Reserves 2011 and Supply/Demand Outlook 2012 2021 : ST98 2012. Disponible à l'adresse : http://www.ercb.ca/data-and-publications/statistical-reports/st98.

ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2012c. Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics, Monthly Supplement December 2011 : ST39-2011. Disponible à l'adresse : http://www.ercb.ca/data-and-publications/statistical-reports/st39.

Environnement Canada. 2007. Bitumen-Oil Sands Extrapolation Model – Rev 3. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.

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. Devon (Alberta) : Coal Mining Research Company. Rapport CI 8936.

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. Août.

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.

Manitoba Innovation, Energy and Mines. 2012. Petroleum Statistics. [cite : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.manitoba.ca/iem/petroleum/stats/index.html.

OCTNHE. Office Canada – Terre Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2012a. Development Wells - Hibernia. [Mis à jour : 4 oct. 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/hwells.pdf.

OCTNHE. Office Canada – Terre Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2012b. Development Wells - Terra Nova. [Mis à jour : 4 oct. 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/tnwells.pdf.

OCTNHE. Office Canada – Terre Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2012c. Development Wells - White Rose. [Mis à jour : 4 oct. 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/wrwells.pdf.

OCTNHE. Office Canada – Terre Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2012d. Development Wells – North Amethyst. . [Mis à jour : 4 oct. 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/nawells.pdf.

ONE. Office national de l'énergie. 2012. Production estimative de pétrole brut et d'équivalents au Canada en 2011. [Révisé : 3 août 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmtn/sttstc/crdlndptrlmprdct/stmtdprdctn-fra.html

Quenneville, G. 2009. Inuvik Gas operators keep town flush with power. Northern News Services. Oil & Gas Drum, octobre 2009. Disponible à l'adresse : http://www.nnsl.com/pdf/oilgas.pdf.

Saskatchewan - Énergie et Ressources. 2012a. Monthly Production and Disposition of Crude Oil at the Producer Level, Year 2011, Ending Month 12. [Révisé : 15 mai 2012; cité : 27 nov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.ir.gov.sk.ca/adx/aspx/adxGetMedia.aspx?DocID=3732,3620,3384,5460,2936,Documents&MediaID=40105&Filename=2011+Monthly+Production+and+Disposition+of+Crude+Oil+(Yearly+Summary).pdf.

Saskatchewan - Énergie et Ressources. 2012b. 2011 2012 Annual Report – Saskatchewan Energy and Resources. Province of Saskatchewan, Ministry of Energy and Resources. [cité : 27 novembre 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.finance.gov.sk.ca/PlanningAndReporting/2011-12/201112ERAnnualReport.pdf.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel). Nº 57 003 XIB au catalogue.

Statistique Canada. Statistiques du charbon et du coke. Nº 45 002 XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2012a. Tableau 131 0001 – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel (mètres cubes). CANSIM. Disponible à l'adresse : http://cansim2.statcan.ca/.

Statistique Canada. 2012b. Guide statistique de l'énergie :premier trimestre 2012. No 57 601 au catalogue. [révisé : 9 août 2012; cité : 27 ov. 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=57-601-X&lang=fra

Annexe 3.2, Méthodologie pour les procédés industriels

Cheminfo Services. 2005. Improvements to Canada's Greenhouse Gas Emissions Inventory Related to Non-Energy Use of Hydrocarbon Products. Rapport non publié, Markham (Ontario), Canada, mars.

Cheminfo Services. 2006. Improvements and Updates to Certain Industrial Process and Solvent Use Related Sec-

tions in Canada's Greenhouse Gas Inventory. Rapport non publié, Markham (Ontario), Canada, septembre.

Environnement Canada (Division des gaz à effet de serre) et Association canadienne de l'électricité. 2008. Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF_6 pour les services d'électricité. Disponible en ligne : http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=5926D759-36A6-467C-AE05-077C5E-6C12A2.

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. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques, 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

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.

McCann, T.J. 2000. 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors, préparé par T.J. McCann and Associates pour Environnement Canada, mars.

Statistique Canada. Produits chimiques industriels et résines synthétiques, 1990–2007 (mensuel). No 46 002 XIB au catalogue.

Statistique Canada. Enquête sur la consommation industrielle d'énergie (annuelle), no 57 505 XIF au catalogue.

Statistique Canada. Tableau CANSIM 303 0053 – Production de produits chimiques industriels et de résines synthétiques, annuel (tonnes métriques), 2008-2010, n° 56 002 X au catalogue.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel). No 57 003 XIB au catalogue.

Annexe 3.3, Agriculture

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 (Alberta), Canada.

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, Alberta Agricultural Research Institute (AARI), projet no 2001J204. Disponible en ligne : http://64.34.178.148/resources/AAFRD_Development%20of%20a%20Farm%20Level%20Greenhouse%20Gas%20Assessment.pdf.

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.

Agriculture et agroalimentaire Canada. 1990-2011. Cédule de la revue du marché des bestiaux. Disponible en ligne : http://www.agr.gc.ca/redmeat/index_fra.htm.

Arrouays, D., N. Saby, C. Walter, B. Lemercier et C. Schvartz C. 2006. Relationships between particle-size distribution and organic carbon in French arable topsoils. Soil Use Manag. 22:48–51.

Beauchemin, K. A. et S. M. McGinn. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets, Journal of Animal Science 83:653-661.

Beauchemin, K. A. et S. M. McGinn. 2006. Enteric methane emissions from growing beef cattle as affected by diet and level of intake. Canadian Journal of Animal Science 86(3):401-408.

Beauchemin, K. A. S. M. McGinn, C. Benchaar et L. Holtshausen. 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production, Journal of Dairy Science 92:2118-2127.

Boadi, D. A. et K. M. Wittenberg. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF_6) tracer gas technique, Canadian Journal of Animal Science 82:201-206.

Boadi, D. A., K. M. Wittenberg et W. P. McCaughey. 2002. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF_6) tracer gas technique, Canadian Journal of Animal Science 82:151-157.

Boadi, D. A., K. M. Wittenberg, S.L. Scott, D. Burton, K. Buckley, J.A. Small et K.H. Ominski. 2004a. 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.

Boadi, D.A., K.H. Ominski, D.L. Fulawka et K.M. Wittenberg. 2004b. 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 Département de zootechnie, Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba), Canada.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans et N.H. Batjes. 2002. Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available data. Global Biogeochem. Cycles 16:doi:10.1029/2001GB001811.

Bouwman, A.F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 46:53–70.

BPR-Infrastructure inc. 2008. Suivi 2007 du Portrait agroenvironnemental des fermes du Québec : rapport présenté au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, à l'Union des producteurs agricoles et à Agriculture et Agroalimentaire. Consulté en mai 2010. Disponible en ligne : http://www.fpccq.qc.ca/Files/rapport%20final%20pratiques%20agroenvironnementales.pdf

Canfax Research Services. 2009. Trends, Cycles and Seasonality in the Cattle Industry. Canadian Cattlemen's Association. Calgary (Alberta). 36 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.

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.

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, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau (Québec).

Corre, M.D., C. Van Kessel et D.J. Pennock. 1996. Landscape and seasonal patterns of nitrous oxide emissions in a semiarid region. Soil Science Society of America Journal. 60:1806–1815.

Corre, M.D., D.J. Pennock, C. Van Kessel et D.K. Elliott. 1999. Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional Grassland–Forest region in Saskatchewan, Canada. Biogeochemistry. 44:29-49.

CRAAQ. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 1999. Chèvres laitières—Budget: Production laitière. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. Agdex 435/821. Comité de références économiques en agriculture du Québec. Groupe GRÉAGRI inc.

da Sylva, A.P. et B.D. Kay. 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. Soil Science Society of American Journal. 61:877-883.

Decisioneering. 2000. Crystal Ball®, Decisioneering Inc., Denver, Colorado, U.S.A. Disponible en ligne : http://www.oracle.com/crystalball/index.html

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.

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 au Canada – précipitations. Disponible en ligne : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/prods_servs/cdcd_iso_f.html?&&

EPA. United States Environmental Protection Agency. 2004. National Emission Inventory—Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations, rapport provisoire, U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C., États-Unis, 30 janvier.

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.

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. Europ. J. Agron. 19:135-160.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, 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/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. 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 (B_0) 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.

Grant, R. et E. Pattey.1999. Mathematical modeling of nitrous oxide emissions from an agricultural field during spring thaw. Glob. Biogeochem. 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., 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., S. Xu, T.A. McAllister et F.J. Larney. 2008. Antibiotics in cattle diet affect greenhouse gas emissions from manure composting, Australian Journal of Experimental Agriculture 48:342-355.

Hao, X., K. Stanford, T.A. McAllister, F.J. Larney et S. Xu. 2009. Greenhouse gas emissions and final compost properties from co-composting bovine specified risk material and mortalities with manure, Nutrient Cycling in Agroecosystems 83:289-299.

Hao, X., M. Benke, F.J. Larney et T.A. McAllister. 2010a. Greenhouse gas emissions when composting manure from cattle fed wheat dried distillers' grains with solubles, Nutrient Cycling in Agroecosystems 89:105-114.

Hao, X., S. Xu, F.J. Larney, K. Stanford, A.J. Cessna et T.A. McAllister. 2010b. Inclusion of antibiotics in feed alters greenhouse gas emissions from feedlot manure during composting, Nutrient Cycling in Agroecosystems 89:257–267.

Hénault, C., X. Devis, S. Page, E. Justes, R. Reau et J.-C. Germon. 1998. Nitrous oxide emissions under different soil and land management conditions. Biology and Fertility of Soils. 26:199-207.

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 Turkeys. 2001. Hybrid Converter—Commercial Hens and Toms. Disponible en ligne : http://www.hybrid-turkeys.com/en/Hybrid%20Products/Mainstream%20Products/Converter.aspx

Izaurralde, R.C., R.L. Lemke, T.W. Goddard, B. McConkey et Z. Zhang. 2004. Nitrous oxide emissions from agricultural toposequences in Alberta and Saskatchewan. Soil Science Society of America Journal. 68:1285-1294.

Jambert, C., R. Delmas, D. Serça, L. Thouron, L. Labroue et L. Delprat. 1997. N_2O and CH_4 emissions from fertilized agricultural soils in southwest France. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 48:105-114.

Janzen, H.H., K.A. Beauchemin, Y. Bruinsma, C.A. Campbell, R.L. Desjardins, B.H. Ellert et E.G. Smith. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 67:85-102.

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. Sous presse. The Journal of Agricultural Science. doi:10.1017/S002185961100092X.

Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle et J. France, J. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review, Canadian Journal of Animal Science 86:135-158.

Kononoff, P.J., A.F. Mustafa, D.A. Christensen et J.J. McKinnon. 2000. Effects of barley silage particle length and effective fiber on yield and composition of milk from dairy cows. Canadian Journal of Animal Science. 80:749-752.

Kopp, J.C, K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2004. Management strategies to improve cow–calf productivity on meadow bromegrass pastures. Canadian Journal of Animal Science. 84(3)529-535.

Koroluk, R. et L. Bourque. 2003. L'entreposage des fumiers au Canada, Statistique Canada, no 21-021-MIF2003001 au catalogue, vol. 1, no 1. Consulté en mai 2010. Disponible en ligne : http://www5.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=21-021-MIF2003001&lang=fra

Laguë, C., É. Gaudet, J. Agnew et T.A. Fonstad. 2005. Greenhouse gas emissions from liquid swine manure storage facilities in Saskatchewan, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 48:2289-2296.

Lemke, R.L, R.C. Izaurralde, M. Nyborg et E.D. Solberg. 1999. Tillage and N-source influence soil-emitted nitrous oxide in the Alberta Parkland Region. Canadian Journal of Soil Science. 79:15-24.

Liang, B.C., G. Padburyet G. Patterson. 2004. Cultivated organic soils in Canada. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau, Québec.

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. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau (Québec).

MacMillan, R.A. et W.W. Pettapiece. 2000. Alberta Landforms: Quantitative Morphometric Descriptions and Classification of Typical Alberta Landforms, Semiarid Prairie Agricultural Research Centre, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Swift Current, Saskatchewan, Canada, Technical Bulletin No. 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 présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Département des ressources terrestres de l'Université de Guelph, Guelph (Ontario), Canada.

Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2005. Determining manure management practices for major domestic animals in Canada, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Département des ressources terrestres de l'Université de Guelph, Guelph (Ontario), Canada.

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.

Massé, D.I., L. Masse, S. Claveau, C. Benchaar et O. Thomas. 2008. Methane emissions from manure storages, Transactions of the ASABE 51:1775-1781.

McCaughey, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1997. Methane production by steers on pasture, Canadian Journal of Animal Science 77:519-524.

McCaughey, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows, Canadian Journal of Animal Science 79:221-226.

McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates et D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid, Journal of Animal Science 82:3346-3356.

McGinn, S.M., D. Chen, Z. Loh, J. Hill, K.A. Beauchemin et O.T. Denmead. 2008. Methane emissions from feedlot cattle in Australia and Canada, Australian Journal of Experimental Agriculture 48:183-185.

McGinn, S.M., Y.H. Chung, K.A. Beauchemin, A.D. Iwaasa et C. Grainger. 2009. Use of corn distillers' dried grains to reduce enteric methane loss from beef cattle, Canadian Journal of Animal Science 89:409-413.

Minasny, B., A.B. McBratney et K.L. Bristow. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water-retention curves. Geoderma. 93:225-253.

Monni, S., P. Perälä et K. Regina. 2007. Uncertainty in agricultural CH_4 and N_2O emissions from Finland - Possibilities to increase accuracy in emission estimates. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 12:545–571.

NRC. United States National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Goats. National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., États-Unis.

NRC. United States National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep, 6th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., États-Unis.

NRC. United States National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Horses, 5th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., États-Unis.

NRC. United States National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine, 10th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press. Washington D.C., États-Unis.

NRC. United States National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Revised Edition. National Research Council. National Academy Press. Washington D.C., États-Unis.

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.

Rochette, P. et H.H. Janzen. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N_2O 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 N_2O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology. Canadian Journal of Soil Science. 88:641-654.

Rotz, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. Journal of Animal Science. 82(Suppl.): E119–E137.

Rypdal, K. et W. Winiwarter. 2001. Uncertainties in greenhouse gas emission inventories - Evaluation, comparability and implications. Environmental Science and Policy 4:107–116.

Sheppard, S.C., S. Bittman et J. Tait. 2009. Monthly NH_3 emissions from poultry in 12 Ecoregions of Canada / Émissions mensuelles de NH_3 par les exploitations avicoles dans 12 écorégions du Canada. Revue canadienne de science animale 89:21–35.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2010. Farm practices survey and modelling to estimate monthly NH_3 emissions from swine production in 12 Ecoregions of Canada. Étude et modélisation des pratiques d'élevage en vue d'estimer les émissions mensuelles de NH_3 résultant de la production porcine dans 12 écorégions du Canada. Revue canadienne de science animale 90:145–158.

Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift, M. Beaulieu et M.I. Sheppard. 2011. Ecoregion and farm size differences in dairy feed and manure nitrogen management: A survey. Revue canadienne de science animale 91:459–473.

Sheppard, S.C. et S. Bittman. 2011. Farm survey used to guide estimates of nitrogen intake and ammonia emissions for beef cattle, including early season grazing and piosphere effects. Animal Feed Science and Technology 166-167:688 –698.

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, no 96-102 au catalogue.

Statistique Canada. 1992. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1991, no 93-350 au catalogue.

Statistique Canada. 1997. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1996, no 93-356 au catalogue.

Statistique Canada. 2002. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 2001, no 95F0301XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2007a. 2006. Recensement de l'agriculture de 2006, no 95-629 au catalogue. Disponible en ligne : http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm.

Statistique Canada. 2007b. Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture, no 95-632 au catalogue. Disponible en ligne : http://www.statcan.gc.ca/pub/95-632-x/2007000/t/4129745-fra.htm.

Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada, années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006, no 23-502-X au catalogue.

Statistique Canada. 2011. Série de rapports sur les grandes cultures, 1990-20 (annuel), no 22-002 au catalogue.

Statistics Canada. 2012a. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et des exploitants agricoles de 2011 (base de données). Consulté le 20 décembre 2012. Disponible à l'adresse : http://www29.statcan.gc.ca/ceag-web/fra/data-type-selection-type-donnees?geoId=0

Statistique Canada. 2012b. Enquête sur les expéditions d'engrais, 2011, no 4; no 21-022-XWE au catalogue de Statistique Canada.

Statistique Canada. Tableau 003-0032 – Nombre de bovins selon la classe et le type d'exploitation agricole (tête X 1 000), base de données CANSIM. Consultéle 16 juillet 2012. Disponible à l'adresse : http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=fra&retrLang=fra&id=0030032&paSer=&pattern=&stByVal=1&p1=1&p2=-1&tabMode=dataTable&csid=

Statistique Canada. Tableau 003-0031 – Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel (tête X 1 000), base de données CANSIM. Consulté le 16 juillet 2012. Disponible à l'adresse : http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=fra&retrLang=fra&id=0030031&paSer=&pattern=&stByVal=1&p1=1&p2=-1&tabMode=dataTable&csid=

Statistique Canada. Tableau 003-0004 – Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimester, trimestriel (tête X 1 000), base de données CANSIM. Consulté le 16 juillet 2012. Disponible à l'adresse : http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=fra&retrLang=fra&id=0030004&paSer=&pattern=&stByVal=1&p1=1&p2=-1&tabMode=dataTable&csid=

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.

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. et G.W. Thurtel. 1998. Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 52:151-163.

Wagner-Riddle, C., K.H. Park et G.W. Thurtell. 2006. A micrometeorological mass balance approach for greenhouse gas flux measurements from stored animal manure, Agricultural and Forest Meteorology 136:175-187.

Wagner-Riddle, C., A. Furon, N.L. McLaughlin, I. Lee, J. Barbeau, S. Jayasundara, G. Parkin, P. von Bertoldi et J. Warland. 2007. Intensive measurement of nitrous oxide emissions from a corn soybean wheat rotation under two contrasting management systems over 5 years. Global Change. Biol. 13:1722-1736.

Western Canadian Dairy Herd Improvement Services. 2002. 2002 Herd Improvement Report. Edmonton (Alberta), Canada. 16 p.

Weston, R.H. 2002. Constraints on feed intake by grazing sheep. Dans : M. Freer et H. Dove (éd.) Sheep Nutrition. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.

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.

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 3.4, Méthodologie relative à l'affectation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie

Baron, V.S., E. Mapfumo, A.C. Dick, M.A. Naeth, 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 et M. Lindsay. 2007. Forest Land and Other Land Conversion to Wetlands (Reservoirs) Estimation and Reporting of CO_2 Emissions, rapport provisoire, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Bolinder, M.A. 2004. Contribution aux connaissances de la dynamique du C dans les systèmes sol-plante de l'Est du Canada, Ph.D. Thèse, Université Laval, Ste-Foy (Québec).

Boudewyn P., M. Gillis, S. Magnussen et X. Song. 2007. Model-based, volume-to-biomass conversion MD A.I. for forested and vegetated land in Canada. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Rapport d'information – BC-X-411.

Bremer, E., H.H. Janzen et A.M. Johnston. 1994. Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil, Canadian Journal of Soil Science, 74:131–138.

Bruce, J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils, Journal of Soil Water Conservation, 54:382–389.

Butson, C. et R. Fraser. 2005. Mapping land cover change and terrestrial dynamics over northern Canada using multi-temporal Landsat imagery, dans : Proceedings of MultiTemp 2005, The Third International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images, May 16–18, 2005, Biloxi, Mississippi, États-Unis, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, R.P. Dyck, F. Selles et D. Curtin. 1995. Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation, Canadian Journal of Soil Science, 75:449–458.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996a. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan, Canadian Journal of Soil Science, 76:395–401.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996b. Tillage and crop rotation effects on soil organic matter in a coarse-textured Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan, Soil & Tillage Research, 37:3–14.

Campbell, C.A., F. Selles, G.P. LaFond, B.G. McConkey et D. Hahn. 1998. Effect of crop management on C and N in long-term crop rotations after adopting no-tillage management: Comparison of soil sampling strategies, Canadian Journal of Soil Science, 78:155–162.

Campbell, C.A., H.H. Janzen, K. Paustian, E.G. Gregorich, L. Sherrod, B.C. Liang et R.P. Zentner. 2005. Carbon storage in soils of the North American Great Plains: Effect of cropping frequency, Agronomy Journal, 97:349–363.

Campbell, C.A., R.P. Zentner, B.C. Liang, G. Roloff, E.G. Gregorich et B. Blomert. 2000. Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan—Effect of crop rotations and fertilizers, Canadian Journal of Soil Science, 80:179–192.

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 (Special Issue), 72:153–168.

Chen, W., D. Blain, J. Li, R. Fraser, Y. Zhang, S. Leblanc, K. Keohler, C. Butson, I. Olthof, J. Orazietti, G. Girouard, J. Wang, G. Pavlic, M. McGovern et E.D. Seed. 2005. Estimation of Greenhouse Gas Removals/Emissions due to Land Use Changes over Canada's North during 1985–1990 and 1990–2000, rapport sommaire, présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Chen W., D. Blain, J. Li, R. Fraser, Y. Zhang, S. Leblanc, K. Keohler, I. Olthof, J. Wang et M. McGovern. 2009. Estimating carbon release caused by land use changes over Canada's north during 1985–1990 and 1990–2000 using satellite Earth observation. Journal of Geophysical Research, 114:G01017.

Cleary, J. 2003. Greenhouse Gas Emissions from Peat Extraction in Canada: A Life Cycle Perspective, mémoire de maîtrise, Université McGill, Montréal (Québec), Canada, rapport C_2GCR no 2003-1.

Cofer, W.R., E.L. Winstead, B.J. Stocks, J.G. Goldammer et D.R. Cahoon, 1998. Crown fire emissions of CO_2, CO, H_2, CO_4, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire. Geophysical Research. Letters 25:3919–3922.

Duchemin, É. 2002. Canadian Reservoir Database / Répertoire des réservoirs canadiens (fichier informatique), Environnement Canada et DREXenvironment (distributeur).

Duchemin, É. 2006. Émissions de gaz provoquant l'effet de serre à partir des terres inondées au Canada, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Dyk, A., S. Tinis et D. Leckie. 2011. Deforestation Area Estimation for Canada: Quality Control Overview, rapport DRS-N-031, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 9 p.

Dyk A, Leckie D, Tinis S, Ortlepp S. 2012a. Changes in National Deforestation Estimation Procedure for the 2013 National Inventory Report – Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada, rapport DRS-N-033, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 40 p.

Dyk A, Leckie D, Tinis S, Ortlepp S. 2012b. System Description of Canada's National Deforestation Estimate, rapport DRS-N-032, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 52 p.

Eichel, F. 2006. Review of Environment Canada Reservoir Flooding Dates on Hydro Reservoirs 2007 Sub Nov24.xls. Service canadien des forêts. 6 p. Rapport interne.

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.

FAO] Organisation pour l'agriculture et l'alimentation. 2010. Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region. Geneva Timber and Forest Document de travail 49. Organisation pour l'agriculture et l'alimentation des Nations Unies.

Fraser, R., I. Olthof, G. Girouard, G. Pavlic, A. Clouston, D. Pouliot et W. Chen. 2005. Remote Sensing Based Estimate of Land Use Change Area in Canada's Arctic/Sub-Arctic, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

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, 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/gpglulucf/gpglulucf_languages.htm

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, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html

Hutchinson, J.J., P. Rochette, X. Vergé, D. Worth et R. Desjardins. 2007. Uncertainties in Methane and Nitrous Oxide Emissions Estimates from Canadian Agroecosystems Using Crystal Ball. Rapport préliminaire présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

IFCan. 2001. Inventaire forestier national du Canada. Disponible en ligne : https://nfi.nfis.org/home.php?lang=fr

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 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.

Johnson, R.D. et E.S. Kasischke. 1998. Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring of land cover and condition, International Journal of Remote Sensing, 19:411–426.

Kasischke, E.S. et L.P. Bruhwiler. 2003. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fires in 1998. J. Geophys. Res. Atmos. 108 (D1):8146.

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., 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.

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.

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.G., M.D. Gillis et M.A. Wulder. 2002. Deforestation estimation for Canada under the Kyoto Protocol: A design study. Journal canadien de télédétection, 28(5):672–678.

Leckie, D., 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., A. Dyk, D. Paradine, D. Tammadge, S. Tinis. 2010a. Deforestation Interpretation Guide (Version RIN 2011). Rapport DRS-M-016. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 85 p.

Leckie, D., A. Dyk, S. Ortlepp, S. Tinis. 2010b. Records of Decision for Canada's National Deforestation Estimate. Rapport DRS-N-029, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 20 p.

Li, Z., W.A. Kurz, M.J. Apps et S.J. Beukema. 2003. Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP, Canadian Journal of Forest Research, 33:126–136.

Liang, B.C., E.G. Gregorich et A.F. MacKenzie. 1996. Modelling the effects of inorganic and organic amendments on organic matter in a Quebec soil, Soil Science, 161:109–114.

Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. Cultivated organic soils in Canada. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau (Québec).

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.

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 en ligne : http://www.omafra.gov.on.ca/english/stats/hort/grapevine01/ogvs01.html.

Marshall, I.B., et P. Shut. 1999. Cadre écologique national pour le Canada - Aperçu, préparé par Environnement Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/intro.html.

McConkey, B.G., B.C. Liang, C.A. Campbell, D. Curtin, A. Moulin, S.A. Brandtet G.P. Lafond. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. Soil & Tillage Research 74:81–90.

McConkey, B., D. Angers, M. Bentham, M. Boehm, T. Brierley, D. Cerkowniak, B.C. Liang, P. Collas, H. de Gooijer, R. Desjardins, S. Gameda, B. Grant, T. Huffman, J. Hutchinson, L. Hill, P. Krug, T. Martin, G. Patterson, P. Rochette, W. Smith, B. VandenBygaart, X. Vergé et D. Worth. 2007a. 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. Avril.

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. 2008. Reporting Zones – GHG Spatial Reporting Structure for Canada, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

McKenney, D. 2005. Modélisation du climat à l'échelle régionale, nationale et internationale, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), Canada. Disponible en ligne : http://scf.rncan.gc.ca/sous-site/cfgl-climat.

Metsaranta, Morken S, Hafer M. 2013. Uncertainty Estimates: National Forest GHG Inventory Reporting for the 2013 National Inventory Report. Manuscrit non publié.

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.

Olthof, I., C. Butson et R. Fraser. 2005. Signature extension through space for northern landcover classification: a comparison of radiometric correction methods, Remote Sensing of Environment, 95: 290–302.

Paradine, D., W. Kurz, S. Magnussen, D. Leckie. 2004 Kyoto Protocol Deforestation Mapping Sampling Design for Canadian Landscapes. Rapport : DRS-Q-005, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada.

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.

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 modeling using CENTURY, Soil & Tillage Research, 58(3/4):183–191.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 1974. Lacs-Glace de mer [carte], 1:35,000,000, dans : Atlas national du Canada, 4e édition. Disponible en ligne : http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/archives/4thedition/environment/water/013_14/archivemap_view?w=2&h=2&l=2&r=0&c=0

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2008. Calcul préliminaire de la production minérale du Canada, par province, 2007. Disponible en ligne : http://mmsd.mms.nrcan.gc.ca/stat-stat/prod-prod/2007p-fra.aspx

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.

Skog KE. 2008. Sequestration of carbon in harvested wood products for the United States. Forest Products Journal 58:56–72.

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.

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., 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.

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. Éconnexions : pour lier l'environnement et l'économie : indicateurs et statistiques détaillées 1997, Division des comptes nationaux et de l'environnement, Statistique Canada, Ottawa (Ontario), Canada, no 16-200-XKF.

Stinson, G., G. Zhang, G. Rampley, C. Dymond, T. White et W.A. Kurz. 2006a. Forest Inventory Rollback Tool for CBM-CFS3, rapport interne, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), Canada.

Stinson, G., T. White, W.A. Kurz et C. Dymond. 2006b. Delineating Canada's Managed Forest for NIR 2007, rapport interne, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), Canada.

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, CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, p. 81–92.

VandenBygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies, Canadian Journal of Soil Science, 83: 363–380.

VandenBygaart, A.J., B.G. McConkey, D.A Angers, W. Smith, H. De Gooijer, M. Bentham et T. Martin. 2008. Soil carbon change factors for the Canadian agriculture national greenhouse gas inventory, Canadian Journal of Soil Science, 88: 671–680.

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 P. McNeil. 2002. Peat oxidation in an abandoned cutover peatland, Canadian Journal of Soil Science, 82: 279–286.

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.

White, T., N. Luckai, G.R. Larocque, W.A. Kurz et C. Smyth. 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.

Wulder, M., M. Cranny, J. Dechka et J. White. 2004. An Illustrated Methodology for Land Cover Mapping of Forests with Landsat-7 ETM+ Data: Methods in Support of EOSD Land Cover, Version 3, Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada. Mars. 35 p.

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 3.5, Déchets

AECOM Canada. 2011. Improved Methodology for the Estimation of Greenhouse Gases from Canadian Municipal Wastewater Treatment Facilities. 12 avril 2011.

AECOM Canada. 2012. Evaluation of Canada's Estimation Methodology of Nitrous Oxide Emissions from Human Sewage Final Report. Novembre 2012.

American Public Works Association. 1964. Characteristics of municipal reference. Dans : Proceedings of the National Conference on Solid Waste Research. Février 1964.

Anon. 1967a. World survey finds less organic matter. Refuse Removal Journal 10: 26. Septembre.

Anon. 1967b. Can garbage become a national asset? Compost Science. 8(1): 3.

Climate Action Reserve. 2009. Table B.6, Organic Waste Digestion Project Protocol http://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2009/10/Organic-Waste-Digestion-Project-Protocol-Version-1.0.pdf

CRA 2011. Conestoga-Rovers & Associates. Estimation of Greenhouse gas (GHG) Emissions from Canadian Unmanaged Municipal Solid Waste (MSW) Landfills and MSW Incinerators and Validation of MSW Landfill Model Methane Generation Rate Constant. Préparé par Conestoga-Rovers & Associates. Juin.

CRC Press. 1973. National Waste Composition (1967), Table 1.1-9: Summary of International Refuse Composition of the Handbook of Environmental Control, Volume II : Solid Waste; Table 1.1-10: Composition of Household Garbage and Table 1.1-28: Composition and Analysis of Average Municipal Refuse.

CRS. 1990, 1993, 1995–1998, 2000–2002, 2004, 2007. Congressional Research Service. CRS Reports for Congress, Interstate Shipment of Municipal Solid Waste. Library of Congress, Congressional Research Service. James E. McCarthy, 1990, 1993, 1995-1998, 2000-2002, 2004 et 2007.

Crolla A. et al. 2004. ATAU Course Notes – Anaerobic Digestion in Canada. Lecture notes from an anaerobic treatment of sewage and agriculture use of treated effluent seminar in Morocco. Consulté le 12 octobre 2010. Disponible en ligne à l'adresse : www.zer0-m.org/download/ATAU%20Seminar%20Morocco%202004/Guelph/ANAEROBIC%20DIGESTION%20IN%20CANADA_Lecture.pdf

Environnement Canada. 1941-2007. Données historiques sur les précipitations : http://climate.weatheroffice.gc.ca/climateData/canada_f.html?&.

Environnement Canada. 1986, 1991, 1996a. L'utilisation de l'eau dans l'industrie canadienne. Préparé par D. Scharf et al., Direction de l'économie environnementale, Environnement Canada.

Environnement Canada. 1994a. Options for Managing Emissions from Solid Waste Landfills. Préparé par Hickling pour Environnement Canada en collaboration avec Emcon Associates.

Environnement Canada. 1994b. Study of Greenhouse Gas Emissions From Non-Fossil Fuel Sources. Préparé pour Environnement Canada par Senes Consultants. Mai 1994.

Environnement Canada. 1995a. Estimation des effets de diverses stratégies de gestion des déchets urbains sur les émissions de gaz à effet de serre : rapport sommaire. Rapport SPE 2/AP/1.

Environnement Canada. 1995b. Le Programme d'analyse, d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation des déchets (programme WASTE) : effet des caractéristiques du flux de déchets sur l'incinération des déchets solides urbains : devenir et comportement des métaux traces, vol. I. Rapport SPE 3/HA/10.

Environnement Canada. 1996b. Perspectives sur la gestion des déchets solides au Canada, vol. 1. Évaluation des aspects physiques, économiques et énergétiques de la gestion des déchets solides au Canada. Préparé par Resource Integration Systems Ltd pour la Division des déchets dangereux d'Environnement Canada. Mars.

Environnement Canada. 1997. Sondage téléphonique mené par Environnement Canada.

Environnement Canada. 1999. Municipal Solid Waste Incineration in Canada: An Update on Operations 1997–1998. Préparé pour Environnement Canada et le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétique par Compass Environmental Inc.

Environnement Canada. 2003a. Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada, Bureau national de la prévention de la pollution, Environnement Canada.

Environnement Canada. 2003b. 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.

Environnement Canada. 2007. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2005. Rapport non publié préparé par la Division des gaz à effet de serre,

Environnement Canada avec le soutien de l'Université du Manitoba.

Environnement Canada. 2009. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2006 and 2007. Rapport non publié préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Environment Canada. 2010. Waste Incineration in Canada 1990-2009 – A summary of findings from surveys conducted in 2006, 2008 and 2010. Rapport interne non publié préparé par la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Environnement Canada. 2011. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2008 and 2009. Rapport rédigé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Environnement Canada. 2013. A Review of Canadian Non-Hazardous Waste Export Quantities to the United States. Pollutant Inventories and Reporting Division, Environnement Canada.

EPA. United States Environmental Protection Agency. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol. I—Stationary Point and Area Sources. AP 42, 5e édition. Chapitre 2, Solid Waste Disposal. U.S Environmental Protection Agency. Disponible en ligne : http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat / Organisation de coopération et de développement économiques / 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.htm.

Golder Associates Ltd. 2008. Inventory of Greenhouse Gas Generation from Landfills in British Columbia. Préparé pour le ministère de l'Environnement – Community Waste Reduction Section. Victoria (Colombie-Britannique). 11 février 2008.

Jensen, E.F., et R. Pipatti. 2003. Émissions de CH_4 provenant des sites de décharge de déchets solides, février. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/5_Waste_FR.pdf

Levelton, B.H. 1991. Inventory of Methane Emissions from Landfills in Canada. Rapport non publié préparé pour Environnement Canada par Levelton & Associates.

Maurice, C., et A. Lagerkvist. 2003. LFG emission measurements in cold climatic conditions: seasonal variations and methane emissions mitigation. Cold Regions Science and Technology, 36:37–46.

Michigan. 1996–2011. Annual Reports of Solid Waste Landfilled in Michigan. Department of Environmental Quality, State of Michigan. Disponible en ligne : http://www.michigan.gov/deq/0,4561,7-135-3312_4123-47581--,00.html

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1991. Residential waste composition study : Volume 1 of the Ontario Waste Composition Study, préparé par Gore and Storrie Limited., Decima Research Limited pour le ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto. Janvier 1991.

MWA Consultants Paprican. 1998. Increased Use of Wood Residue for Energy: Potential Barriers to Implementation. Ébauche finale, préparée pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (document interne confidentiel).

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.

ORTECH Corporation. 1994. Inventory Methods Manual for Estimating Canadian Emissions of Greenhouse Gases. Rapport non publié préparé pour la Direction générale des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Conservation et protection, Environnement Canada. Rapport no 93-T61-P7013-FG.

Peavy, H.S., D.R. Rowe et G. Tchobanoglous. 1985. Environmental Engineering, McGraw Hill Book Company, New York, N.Y., États-Unis.

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. Mars.

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. Mars 2006.

RTI. 2004. Research Triangle Institute. Documentation for Changes to the Methodology for the Inventory of Methane Emissions from Landfills. Septembre 2004.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010a. Enquête de l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, Système de la comptabilité nationale, Statistique Canada. No16F0023XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2006. Statistiques démographiques annuelles. No 91-213-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2007b, 2008b, 2010b Statistiques sur les aliments. No 21-020 XIE au catalogue.

Statistique Canada. 2012. Estimations démographiques annuelles : Canada, provinces et territoires. No 91-215-X au catalogue.

Tchobanoglous, G., H. Theisen et S. Vigil. 1993. Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues. New York, N.Y., McGraw Hill.

Thompson, S. et S. Tanapat. 2005. Waste management options for greenhouse gas reduction, Journal of Environmental Informatics. 6(1):16–24.

Thompson, S., J. Sawyer, R.K. Bonam et S. Smith. 2006. Recommendations for Improving the Canadian Methane Generation Model for Landfills, Natural Resources Institute. Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba). Canada.

Annexe 4, Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence

[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

Jaques, A.P. (1992). Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990, Protection de l'environnement, Conservation et protection, Environnement Canada, rapport SPE 5/AP/4.

McCann, T.J. (2000). 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors, rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (rapport annuel), no 57-003-X au catalogue.

Annexe 5, Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire

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.

CRA. Conestoga-Rovers & Associates. 2011. Estimation of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Canadian Unmanaged Municipal Solid Waste (MSW) Landfills and MSW Incinerators and Validation of MSW Landfill Model Methane Generation Rate Constant. Préparé par Conestoga-Rovers & Associates, juin.

Environnement Canada. 2010. Waste Incineration in Canada 1990-2009 – A summary of findings from surveys conducted in 2006, 2008 and 2010. Rapport interne non publié d'Environnement Canada, Ottawa (Ontario), Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

GIEC. 2000. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux, Programme du GIEC pour les 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. 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/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.htm.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010. Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, Système de comptabilité nationale, Statistique Canada, no 16F0023XIF au catalogue.

GIEC. 2003. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html.

Annexe 6, Assurance et contrôle de la qualité

[GIEC] Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, 2000, Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne à http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

[GIEC] Groupe intergouvernemental d'experts 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 à http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html

Annexe 7, Degré d'incertitude

Environnement Canada. 2009. Inventaire national des gaz à effet de serre, 1990 2007, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

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

McCann T. J. 1994. Uncertainties in Canada's 1990 Greenhouse Gas Emission Estimates: A Quantitative Assessment. Rapport inédit préparé par T. J. McCann and Associates pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Annexe 8, Coefficients d'émission

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. CH_4 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. No 1999-0010.

AECOM Canada. 2010. Improved Methodology for the Estimation of Greenhouse Gases from Canadian Municipal Wastewater Treatment Facilities. 29 mars 2010.

AMEC Earth & Environmental. 2006. Identifying and Updating Industriel Process Activity Data in the Minerals Sector for the Canadian Greenhouse Gas Inventory. AMEC Earth & Environmental. Mars.

Barton, P. et J. Simpson. 1994. The effects of aged Catalysts and cold ambient temperatures on Nitrous Oxide Emissions. Division des émissions de sources mobiles (DESM), Environnement Canada. Rapport no 94-21.

BioMer. Démonstration et évaluation du biodiésel pour les bateaux de croisière du Vieux-Port de Montréal et du lieu historique national du Canal-de-Lachine : rapport de fin de projet, Québec, BioMer, 2005. Rapport final.

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.

CIEEDAC. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 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.

CIEEDAC. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2010. A Review of Energy Consumption in Canadian Oil Refineries 1990, 1994 to 2008. Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Mars.

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 : N_2O 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.

Environment Canada. 2010. Waste Incineration in Canada 1990-2009 – A summary of findings from surveys conduct-

ed in 2006, 2008 and 2010. Rapport interne non publié préparé par la Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

EPA. Environmental Protection Agency des États-Unis. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. 1, chapitre 2.2, Sewage Sludge Incineration, 5e édition, Environmental Protection Agency. Disponible à l'adresse : www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02

EPA. Environmental Protection Agency des États-Unis. 1996a. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. 1, Stationary Point and Area Sources, AP-42, 5e édition, supplément B. Washington D.C., U.S. Environmental Protection Agency. Janvier.

EPA. Environmental Protection Agency des États-Unis. 1996b. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. 1, Stationary Point and Area Sources, AP-42, 5e édition, supplément B, Sections 1.9 et 1.10. Washington D.C., U.S. Environmental Protection Agency. Octobre.

EPA. Environmental Protection Agency des États-Unis. 2003. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. 1, Stationary Point and Area Sources, AP-42, 5e édition, section 1.6. Washington D.C., U.S. Environmental Protection Agency. Septembre.

EPA. Environmental Protection Agency des États-Unis. 2010. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008. Washington D.C., Environmental Protection Agency. Avril.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne :http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 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/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat / Organisation de coopération et de développement économiques / 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.htm.

Graham et al. 2008. Greenhouse Gas Emissions from Heavy-Duty Vehicles. Atmospheric Environment. 42: 4665¬4681.

Graham et al. 2009. Nitrous Oxide Emissions from Light Duty Vehicles. Atmospheric Environment. 43: 2031-2044.

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 no 420-P-04-16).

Jaques AP. 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.

McCann, T.J. 2000. 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors, rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd. Mars.

NCASI. National Council for Air and Stream Improvement. Outils de calcul des GES pour les usines de produits du bois. 2010. Version 3.2. National Council for Air and Stream Improvements. [Révisé : mars 2010; cité : 3 décembre 2010]. Disponible à l'adresse : http://www.ncasi.org/programs/areas/climate/ghgtools/default.aspx?lang=1

Radovan, R., N. Hassani 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.

SGA Energy. 2000. Emission factors and Uncertainties for CH_4 & N_2O from Fuel Combustion. Rapport non publié préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par SGA Energy Limited. Août.

Statistique Canada. 2008. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel). No 57-003-XIB au catalogue.

WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. 2005. CO_2 Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Version 2.0. Suisse. Juin 2005.

Annexe 9, Protocole d'arrondissement

ICF Consulting. 2004. Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates

for 2001. Rapport non publié. Contrat no K 2362 3 0060. Préparé pour Environnement Canada.

ICF Consulting 2005. Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001—Analyse complémentaire. Rapport non publié. Contrat no K 2362 04 0121. Préparé pour Environnement Canada.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2001. Bilan 2001 des changements climatiques. Contribution du Groupe de travail no 1au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

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. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html

Annexe 10, Ozone et précurseurs d'aérosols

CCNUCC. Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2006. Directives FCCC actualisées pour la notification des inventaires annuels suite à l'incorporation des dispositions de la décision 14/CP.11, 18 août 2006. FCCC/SBSTA/2006/9. Disponible en ligne : http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/fre/09f.pdf